
DIPLOMARBEIT

Herr
Martin Dreier

**Risikobeurteilung
zur Maschinenoptimierung
in der Entwicklungsphase**

Mittweida, 2011

DIPLOMARBEIT

Risikobeurteilung zur Maschinenoptimierung in der Entwicklungsphase

Autor:

Herr Martin Dreier

Studiengang:

Maschinenbau

Seminargruppe:

KM09sFA

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gebhardt

Zweitprüfer:

Mag. (FH) Reinhard Kofler

Einreichung:

Mittweida, 14.03.2011

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2011

Bibliografische Beschreibung:

Dreier, Martin:

Risikobeurteilung zur Maschinenoptimierung in der Entwicklungsphase. -
2011. - VII, 90, 22 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2011

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Risikobeurteilung nach Vorgabe der neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Die Einführung dieser soll im Unternehmen eines Baumaschinen-Herstellers beschrieben und zugleich zukunftsweisend umgesetzt werden. Das Hauptziel ist, die Integration einer Methodik in der Entwicklungsphase der Maschine so zu gestalten, dass alle geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen bereits im Vorfeld erfüllt werden können. Des Weiteren müssen Fehler oder Ausfälle, die die Sicherheitsfunktion der Maschine beeinflussen, frühzeitig erkannt und mit geeigneten Schutzmaßnahmen beseitigt bzw. durch ein vertretbares Restrisiko abgeschwächt werden. Diese Art der vorbeugenden Analyse im Entwicklungsprozess stellt nun die Herausforderung dar, Mittel und Methoden im bestehenden Produktzyklus zu integrieren und sinnvoll zu realisieren. Im Laufe der Arbeit werden systematisch jene Vorgehensweisen beschrieben, welche zur Ermittlung von signifikanten Gefährdungen im Allgemeinen, sowie zur Bestimmung der relevanten Sicherheitsfunktionen angewendet werden.

Danksagung

Zum Gelingen dieser Arbeit haben mehrere Personen beigetragen, bei denen ich mich an dieser Stelle recht herzlich bedanken möchte.

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gebhardt bedanken, welcher mir ermöglicht hat die Diplomarbeit an der Hochschule Mittweida durchzuführen und jederzeit bereit war meine Fragen zu beantworten.

Mein Dank gilt besonders meinem betrieblichen Betreuer Herrn Mag. (FH) Reinhard Kofler, welcher mir bei der Ausarbeitung der Diplomarbeit immer hilfreich zur Seite stand.

Ich bedanke mich bei der Firma Liebherr Werk Telfs GmbH im speziellen beim Prokurist Herrn Dipl.-Ing. Ulrich Hammerle für das erbrachte Vertrauen bei der Realisierung des Projektes.

Des Weiteren möchte ich den Mitarbeitern des Unternehmens danken, welche mir tatkräftig zur Seite standen und bei der Realisierung des Projektes mitgewirkt haben.

Dank gilt meinen Korrekturlesern und all jenen die mich in Zuge der Arbeit unterstützt haben.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Problemstellung und Abgrenzung	1
1.1 <i>Ausgangslage</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Zielsetzung.....</i>	<i>1</i>
1.3 <i>Aufbau der Arbeit.....</i>	<i>2</i>
2 Beschreibung des Unternehmens.....	3
2.1 <i>Leitbild</i>	<i>4</i>
2.2 <i>Produkte</i>	<i>5</i>
3 Maschinensicherheit – Gefährdung	7
3.1 <i>Maschinenrichtlinie</i>	<i>9</i>
3.2 <i>Normung</i>	<i>12</i>
3.2.1 <i>Zusammenhang Gesetzgebung und Normung.....</i>	<i>13</i>
3.2.2 <i>Angewandte Vorschriften, Normen und Spezifikationen.....</i>	<i>14</i>
4 Risikobeurteilung.....	16
4.1 <i>Grundlagen</i>	<i>17</i>
4.2 <i>Die häufigsten Fehler einer verspäteten Risikobeurteilung</i>	<i>17</i>
4.3 <i>Konzept der 4-Schritt Risikobeurteilung.....</i>	<i>18</i>
4.3.1 <i>Festlegen der Grenzen</i>	<i>21</i>
4.3.1.1 <i>Verwendungsgrenzen</i>	<i>21</i>
4.3.1.2 <i>Räumliche Grenzen</i>	<i>21</i>
4.3.1.3 <i>Zeitliche Grenzen.....</i>	<i>21</i>
4.3.1.4 <i>Umgebungsbezogene Grenzen</i>	<i>22</i>
4.3.2 <i>Gefährdungsermittlung</i>	<i>22</i>
4.3.3 <i>Risikoeinschätzung</i>	<i>23</i>
4.3.3.1 <i>Schadensausmaß</i>	<i>24</i>
4.3.3.2 <i>Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens</i>	<i>25</i>

4.3.3.3	Wie tiefgehend soll die Risikoeinschätzung erfolgen?	26
4.3.4	Risikobewertung	28
4.4	<i>Verfahren zur Risikobeurteilung – Welche Normen werden angewendet?</i>	30
4.4.1	Norm DIN EN ISO 12100-1	31
4.4.2	Norm DIN EN ISO 14121-1	32
4.4.3	Norm ISO 15998.2	33
4.4.4	Norm DIN EN ISO 13849-1	34
4.5	<i>Angewendete Risikographen zur Risikoeinschätzung</i>	36
4.5.1	Risikograph nach DIN EN ISO 14121-1	37
4.5.2	Risikograph nach ISO 15998.2	40
4.5.3	Risikograph nach DIN EN ISO 13849-1	42
4.6	<i>Risikobewertung der Ergebnisse aus den Risikographen</i>	44
4.6.1	Vorgehensweise der Risikobewertung nach DIN EN ISO 14121-1	45
4.6.2	Vorgehensweise der Risikobewertung nach DIN EN ISO 13849-1	46
4.6.2.1	Drei Schritte zur Auslegung von Steuerungen	46
5	Risikominderung.....	58
5.1	<i>Grundlagen</i>	58
5.2	<i>Drei Stufen Verfahren</i>	58
5.2.1	Inhärent sichere Konstruktion	59
5.2.2	Technische Schutzmaßnahmen und ergänzte Schutzmaßnahmen	59
5.2.3	Benutzerinformationen	59
6	Dokumentation.....	62
6.1	<i>Vorgabe</i>	62
6.2	<i>Was beinhaltet eine vollständige Dokumentation?</i>	63
7	Umsetzung der Risikobeurteilung im LWT.....	64
7.1	<i>Ausgangssituation.....</i>	64
7.2	<i>Konzept für LWT</i>	64
7.2.1	Festlegung der anzuwendenden Normen der Risikobeurteilung	65
7.2.2	Ablauf einer Risikobeurteilung	66
7.2.2.1	Abstimmung bezüglich Auslegung und Umsetzung	67
7.2.2.2	Recherche des zu betrachtenden Bereichs der Maschine	67
7.2.2.3	Zusammenstellung eines Kernteams.....	67
7.2.2.4	Durchführung der Risikobeurteilung	68
7.2.2.5	Risikominderungsmaßnahmen einleiten.....	68
7.2.2.6	Dokumentation.....	68
7.3	<i>Zielsetzung.....</i>	69

8	Pilotprojekt Risikobeurteilung TL Stufe 3B.....	70
8.1	<i>Analyse der Ausgangssituation.....</i>	70
8.2	<i>Planung des Vorgehens.....</i>	70
8.2.1	Anwendung der 4 Schritte Risikobeurteilung	71
8.2.1.1	Festlegen der Grenzen	72
8.2.1.2	Gefährdungsermittlung	73
8.2.1.3	Risikoeinschätzung	74
8.2.1.4	Risikobewertung	76
8.3	<i>Umsetzung der Ergebnisse aus der Risikobeurteilung</i>	78
8.3.1	Funktionale Sicherheit nach DIN EN ISO 13849-1	78
8.3.2	Allgemeine Gefährdungen nach DIN EN ISO 14121-1	80
9	Ergebnisse und Ausblick	81
9.1	<i>Kritische Hinterfragung der Einführung „Risikobeurteilung“</i>	81
9.2	<i>Ist der Prozess „Risikobeurteilung LWT“ konzernweit anwendbar?</i>	82
9.3	<i>Ausblick, Verbesserungspotentiale</i>	82
9.3.1	Normzugang - Konstruktion	83
9.3.2	Gefährdungsermittlung mit Hilfe eines 3D-Prototypen.....	83
9.3.3	Neue Norm DIN EN ISO 12100	83
Index	85
Literatur.....		87
Anlagen		90
Anlagen, Teil 1		A-1
Anlagen, Teil 2		A-3
Anlagen, Teil 3		A-16
Selbstständigkeitserklärung		

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Produktsortiment der Liebherr Werk Telfs GmbH	5
Abbildung 3-1: Lebenszyklus einer Baumaschine, [DIN EN ISO 12100-1]	8
Abbildung 4-1: Frühzeitige Risikoanalyse, [COACH 2010]	17
Abbildung 4-2: Risikobeurteilung in 4 Schritten, [DIN EN ISO 14121-1]	19
Abbildung 4-3: Risikominderungsprozess, [DIN EN ISO 12100-1]	20
Abbildung 4-4: Risikoelemente, [DIN EN ISO 14121-1]	24
Abbildung 4-5: Unterteilung der angewendeten Normtypen, [EATON2010]	31
Abbildung 4-6: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 14121-1]	37
Abbildung 4-7: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [ISO 15998.2]	40
Abbildung 4-8: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 13849-1]	42
Abbildung 4-9: Durchschnittliche Ausfallwahrscheinlichkeit, [EATON2010]	44
Abbildung 4-10: Ablauf der Risikobewertung, [EATON2010]	45
Abbildung 4-11: Struktur bei den Kategorien B und 1, [DIN EN ISO 13849-1]	47
Abbildung 4-12: Struktur der Kategorie 2, [DIN EN ISO 13849-1]	48
Abbildung 4-13: Struktur der Kategorien 3 und 4, [DIN EN ISO 13849-1]	49
Abbildung 4-14: Ermittlung des PL mittels Graphen, [DIN EN ISO 13849-1]	56
Abbildung 5-1: Vorgehen bei 3-Stufen Risikominderung, [DIN EN ISO 12100-1]	58
Abbildung 5-2: Schematische Darstellung der Risikominderung, [DIN EN ISO 12100-1]	61
Abbildung 7-1: Angewendete Normen nach Art der Gefährdung	65
Abbildung 7-2: Ablauf einer Risikobeurteilung im LWT	66
Abbildung 8-1: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 13849-1]	74
Abbildung 8-2: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 14121-1]	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Portfolio Planierdraht.....	5
Tabelle 2-2: Portfolio Lader.....	6
Tabelle 2-3: Portfolio Rohrleger	6
Tabelle 2-4: Portfolio Teleskopheber	6
Tabelle 3-1: Auflistung der in LWT relevanten EG-Richtlinien	14
Tabelle 3-2: Auflistung der für LWT relevanten harmonisierten Normen	15
Tabelle 3-3: Auflistung der Normen zur Risikobeurteilung im LWT	15
Tabelle 4-1: Gegenüberstellung der Typ-B Normen, [DIN EN ISO 13849-1].....	35
Tabelle 4-2: Begriffserklärung zu Risikograph, [DIN EN ISO 14121-1].....	37
Tabelle 4-3: Begriffserklärung zu Risikograph, [ISO 15998.2]	40
Tabelle 4-4: Umrechnungstabelle nach SIL, [ISO 15998.2].....	41
Tabelle 4-5: Begriffserklärung zu Risikograph, [DIN EN ISO 13849-1].....	42
Tabelle 4-6: Umrechnungstabelle von PL nach SIL, [DIN EN ISO 13849-1]	43
Tabelle 4-7: Risikoklassen nach DIN EN ISO 14121-1, [DIN EN ISO 14121-1]	45
Tabelle 4-8: Relevante Parameter für Kategorien, [EATON2010]	50
Tabelle 4-9: MTTF _d -Wert Klassifizierung, [DIN EN ISO 13849-1].....	53
Tabelle 4-10: DC-Wert Klassifizierung, [DIN EN ISO 13849-1]	53
Tabelle 4-11: Checkliste zur Festlegung des CCF-Werts, [DIN EN ISO 13849-1]	55
Tabelle 4-12: Bewertung mittels Performance Level-Tabelle, [DIN EN ISO 13849-1]	56
Tabelle 8-1: Festlegung der Grenzen der Maschine	72
Tabelle 8-2: Ergebnisse der Risikobeurteilung „funktionale Steuerung“	76

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
A-Norm	Grundnorm
BA	Betriebsanleitung
Betr.SichV	Betriebssicherheitsverordnung
BG	Berufsgenossenschaft
BGR	Berufsgenossenschaftliche Regel
B-Norm	Gruppennorm
CE	„Conformité Européenne“ oder „Certified for Europe“
C-Norm	Produktnorm
DIN	Deutsches Institut für Normung
DC	Diagnostic Coverage – Diagnosedeckungsgrad
DC_{avg}	Average Diagnostic Coverage – Mittlerer Diagnosedeckungsgrad
EG	Europäische Gemeinschaft
EMT	Liebherr Konzernsparte Baumaschinen
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
FMEA	Fehler- Möglichkeits- und Einflussanalyse
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
IFA	Institut für Arbeitsschutz
ISO	Internationale Organisation für Normung
Kap.	Kapitel
Kat.	Kategorie
kg	Kilogramm

kW	Kilowatt
LBH	Liebherr Bischofshofen GmbH
LFR	Liebherr Frankreich
LIDA	Liebherr Dokument Archivsystem
LH	Liebherr
LHB	Liebherr Hydraulikbagger Kirchdorf
LR	Laderaube
LWT	Liebherr Werk Telfs GmbH
MCS	Machine-Control System – Maschinensteuerung
MTTF_d	Mean Time to Dangerous Failure – Mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall
PFH_d	durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde
PL	Performance Level
PL_r	required Performance Level
PR	Planierraube
PS	Pferdestärke
RBU	Risikobeurteilung
RL	Rohrleger
SIL	Safety Integrity Level
TL	Teleskoplader
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.

1 Problemstellung und Abgrenzung

In diesem einleitenden Kapitel werden die Ausgangslage sowie die Notwendigkeit der Anfertigung dieser Arbeit beschrieben. Der Leser erhält einen kurzen Überblick bezüglich Struktur und Inhalt der vorliegenden Arbeit.

1.1 Ausgangslage

In der heutigen Zeit entwickeln sich Technologien von Maschinen und Systemen durch ständige Verbesserungen derart rasant, dass der Überblick über die Komplexität dieser schnell verloren gehen kann. Bei der rasanten Entwicklung sollte jedoch das wichtigste Element – der Mensch – nicht in den Hintergrund gestellt werden. Um den Menschen hierbei ausreichend schützen zu können, müssen definierte Sicherheitsstandards eingehalten werden, welche einen sicheren Betrieb gewährleisten.

Eine Maschine sollte daher bereits in der Entwicklungs- und Planungsphase so ausgelegt werden, dass vorhersehbare Gefährdungen und Risiken schon frühzeitig ermittelt und in weiterer Folge beseitigt werden können. Als einheitliches Werkzeug für den Hersteller dient die in der Maschinenrichtlinie vorgeschriebene Risikobeurteilung.

Das Erstellen einer Risikobeurteilung ist somit notwendig, um die geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen bei der Planung der Maschine zu gewährleisten. Die Risikobeurteilung kann ein wichtiges Dokument für den Hersteller sein, sollte aufgrund eines Unfalles die Haftungsfrage zu klären sein. Daher schreibt die Maschinenrichtlinie explizit vor, diese bereits in der Entwicklungsphase durchzuführen.

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit dient als Leitfaden für das Durchführen einer Risikobeurteilung im Unternehmen eines Baumaschinen-Herstellers. Es werden Methoden und

Möglichkeiten beschrieben, welche einer Übereinstimmung mit den Vorgaben aus den jeweiligen Richtlinien und Normen entsprechen.

Das Hauptziel der Risikobeurteilung besteht darin eine frühzeitige Ermittlung signifikanter Gefährdungen in der Entwicklungs- und Planungsphase der Maschinen durchzuführen und folglich die Beseitigung bzw. Abschwächung dieser rechtzeitig umzusetzen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Einleitend wird im **Kapitel 2** das Unternehmen kurz vorgestellt, in dem das Projekt realisiert werden soll. **Kapitel 3** befasst sich mit den rechtlichen Grundlagen, der Notwendigkeit von Risikobeurteilungen sowie der für die Normung wichtigen Kriterien, um den Anforderungen der Maschinenrichtlinie gerecht zu werden.

Ein erstes Konzept wird bereits in **Kapitel 4** näher erläutert. Hierbei werden die benötigten Schritte ausführlich beschrieben sowie die Möglichkeiten und Methoden analysiert. **Kapitel 5** beschreibt einen Maßnahmenplan zur zielgerechten Risikominderung nach Vorgaben der Norm. Der Nachweis zur Risikobeurteilung anhand der Dokumentation wird im **Kapitel 6** ausführlich beschrieben.

Die Umsetzung des erarbeiteten Konzepts wird in **Kapitel 7** beschrieben, wobei auf eine firmenspezifische Umsetzung geachtet wird. Die Anwendung auf ein Beispiel wird in **Kapitel 8** dargestellt, worin das Durchführen der Beurteilung dokumentiert ist.

Schlussendlich werden im **Kapitel 9** die Erkenntnisse aus den erlangten Erfahrungen beschrieben, das Thema kritisch hinterfragt sowie ein Ausblick auf weitere Schritte beschrieben.

Im Anhang sind die Ergebnisse der bereits durchgeführten Risikobeurteilungen des Unternehmens angeführt.

2 Beschreibung des Unternehmens

Das Familienunternehmen Liebherr wurde im Jahr 1949 von Hans Liebherr (*1.04.1915 in Kaufbeuren / Deutschland; † 07.10.1993 in Vevey / Schweiz) gegründet. Der große Erfolg gelang ihm mit den ersten mobilen, leicht montierbaren und preisgünstigen Turmdrehkränen, welche das Fundament des Unternehmens bildeten. Heute zählt Liebherr nicht nur zu den größten Baumaschinenherstellern der Welt, sondern ist auch auf vielen anderen Gebieten als Anbieter technisch anspruchsvoller, nutzenorientierter Produkte und Dienstleistungen anerkannt.

Inzwischen ist das Unternehmen zu einer Firmengruppe mit ca. 32.000 Beschäftigten in über 100 Gesellschaften auf allen Kontinenten angewachsen. Das Familienunternehmen wird in der zweiten Generation von den Geschwistern Isolde Liebherr und Willi Liebherr gemeinsam geleitet. [vgl. LIEB2010]

Die Firmengruppe ist dezentral organisiert und ist gegliedert in selbstständig operierende Unternehmenseinheiten. Somit ist eine Kundennähe ebenso gesichert, wie die Fähigkeit, flexibel auf Marktsignale im globalen Bewerb zu reagieren.

Die Fertigungs- und Vertriebsgesellschaften einzelner Produktsegmente sind jeweils der operativen Führung von Spartenobergesellschaften zugeordnet. Dachgesellschaft der Firmengruppe ist die Liebherr-International AG in Bulle/Schweiz, deren Eigentümer ausschließlich Mitglieder der Familie Liebherr sind. Die Liebherr International AG hat leitende, koordinierende und überwachende Funktionen.

Die Sparte-Erdbaumaschinen

Die Sparte Erdbaumaschinen umfasst ein breites Produktsegment von diversen Baumaschinen (Mobilbagger, Raupenbagger, Muldenkipper, Miningbagger, Elektrobagger, Pontonbagger, Radlader, Teleskoplader, Planierraupen, Laderaupen, Rohrleger).

Die einzelnen Unternehmen sind dezentral selbstverantwortlich organisiert.

Das Liebherr Werk Telfs mit dem Standort in Tirol wurde 1976 gegründet, im selben Jahr wurden bereits die ersten hydrostatisch angetriebenen Planierraupen gefertigt und vertrieben.

Die Liebherr-Werk Telfs GmbH produziert heute ein breitgefächertes Programm von Planier- und Laderaupen, Rohrlegern sowie von Teleskopladern.

Unternehmensübersicht

- Jahresproduktion ca. 612 Maschinen*
- Beschäftigte ca. 442*
- Umsatz ca. 128 Mio. Euro*
- Werksfläche 112.000 m²
- Überbaute Fläche 50.000 m²

(*).....im Jahr 2010

2.1 Leitbild

Das Leitbild der Liebherr Werk Telfs GmbH ist klar definiert:

„Wir entwickeln, produzieren und vertreiben Planierraupen, Laderaupen, Rohrleger und Teleskoplader für unsere Kunden in aller Welt“.

Durch die Konzentration auf Qualität und Innovation gehören wir im internationalen Vergleich zu den Besten. Damit erschließen wir unseren Kunden und Partnern zusätzlichen Nutzen und neue Chancen. Die erwirtschafteten Erträge sind die Grundlage für das Wachstum des Unternehmens. Damit werden interessante und herausfordernde Arbeitsplätze für engagierte Mitarbeiter auch für die Zukunft gesichert.

Unter dem Leitsatz: „Durch Qualität haben wir Erfolg“ wird permanent an Qualitätsverbesserungen gearbeitet. Die Zufriedenheit unserer Kunden steht an oberster Stelle.

2.2 Produkte

Das Produktsortiment des Liebherr Werk Telfs ist breit gefächert und umfasst folgende Baumaschinen:



Abbildung 2-1: Produktsortiment der Liebherr Werk Telfs GmbH

Auflistung des Produktsegmentes:

Tabelle 2-1: Portfolio Planierraupen

Maschinenart	Maschinentype	Leistung	Einsatzgewicht
Planierraupe	PR 714	90 kW / 123 PS	12.600-14.300 kg
	PR 724	120 kW / 163 PS	16.800-20.300 kg
	PR 734	150 kW / 204 PS	20.480-25.100 kg
	PR 744	185 kW / 252 PS	24.605-31.670 kg
	PR 754	250 kW / 340 PS	34.990-40.815 kg
	PR 764	310 kW / 420 PS	44.220-52.685 kg
Schweißraupe	SR 714	90 kW / 123 PS	17.900-20.230 kg

Tabelle 2-2: Portfolio Laderaupen

Maschinenart	Maschinentype	Leistung	Einsatzgewicht
Laderaupe	LR 614	72 kW / 98 PS	11.100-12.004 kg
	LR 624	105 kW / 143 PS	17.000 kg
	LR 634	129 kW / 175 PS	20.900-22.000 kg

Tabelle 2-3: Portfolio Rohrleger

Maschinenart	Maschinentype	Leistung	Einsatzgewicht / Hubkraft
Rohrleger	RL 44	175 kW / 238 PS	35.100 kg / 45.900 kg
	RL 64	275 kW / 374 PS	58.800 kg / 90.800 kg

Tabelle 2-4: Portfolio Teleskoplader

Maschinenart	Maschinentype	Leistung	Einsatzgewicht / max. Hubhöhe / max. Traglast
Teleskoplader	TL 435-10	84 kW / 114 PS	8,95 Tonnen / 9,80 Meter / 3,50 Tonnen
	TL 435-13	84 kW / 114 PS	9,80 Tonnen / 13,00 Meter / 3,50 Tonnen
	TL 442-13	84 kW / 114 PS	10,85 Tonnen / 9,80 Meter / 4,20 Tonnen
	TL 445-10	84 kW / 114 PS	9,60 Tonnen / 9,80 Meter / 4,50 Tonnen

3 Maschinensicherheit – Gefährdung

Die Maschinensicherheit umfasst die Absicherung von Mensch, Maschine und deren Umfeld gegenüber Gefährdungen, welche sich durch die sachgemäße Verwendung sowie mögliche Fehlanwendungen von Maschinen ergeben können. Sicherheit bedeutet, eine Maschine muss nachweislich alle Funktionen durchführen, ohne hierbei Verletzungen oder Gesundheitsschäden zu verursachen.

Definition Gefährdung nach DIN EN ISO 12100-1: „potentielle Schadensquelle“

Daraus ergibt sich, dass die Gefährdung eine potentielle Quelle für Verletzungen oder Gesundheitsschäden ist. Die Schwere oder Art der Verletzung bzw. des Gesundheitsschadens kann jedoch erst im späteren Verlauf mit Hilfe der Risikoeinschätzung angenommen und bewertet werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt zur Maschinensicherheit ist der Betrachtungszeitraum, der für eine Beurteilung angenommen wird. Hierzu muss der Zeitraum definiert werden, wie lange ein sicherer Betrieb der Maschine zu gewährleisten ist. Wichtig ist das Verständnis, dass die Maschine über ihren Einsatzzeitraum hinaus und nicht lediglich über die Betriebszeit (erforderlichen Betriebsstunden der Maschine) betrachtet wird. Somit ist der gesamte Lebenszyklus einer Maschine relevant für die Betrachtung der Maschinensicherheit!

Die Problematik hierbei ist das Entdecken und Beurteilen möglicher Risiken, welche sich im Lebenszyklus einer Maschine ergeben, das Ausmaß dieser anschließend zu ermitteln und schlussendlich erkannte Risiken bereits in der Entwicklungsphase zu mindern bzw. zu beseitigen.

Um eine „sichere Maschine“ produzieren zu können, muss diese so konstruiert sein, dass einerseits alle Funktionen erfüllt werden können, andererseits keine Personen einer Gefährdung ausgesetzt werden. Die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG ist hierbei das Instrument für den Konstrukteur zur Einhaltung der geltenden Normen.

Lebenszyklus einer Baumaschine

Nach Vorgaben der Norm DIN EN ISO 12100-1 müssen folgende Lebensphasen bei einer Risikobeurteilung betrachtet werden:

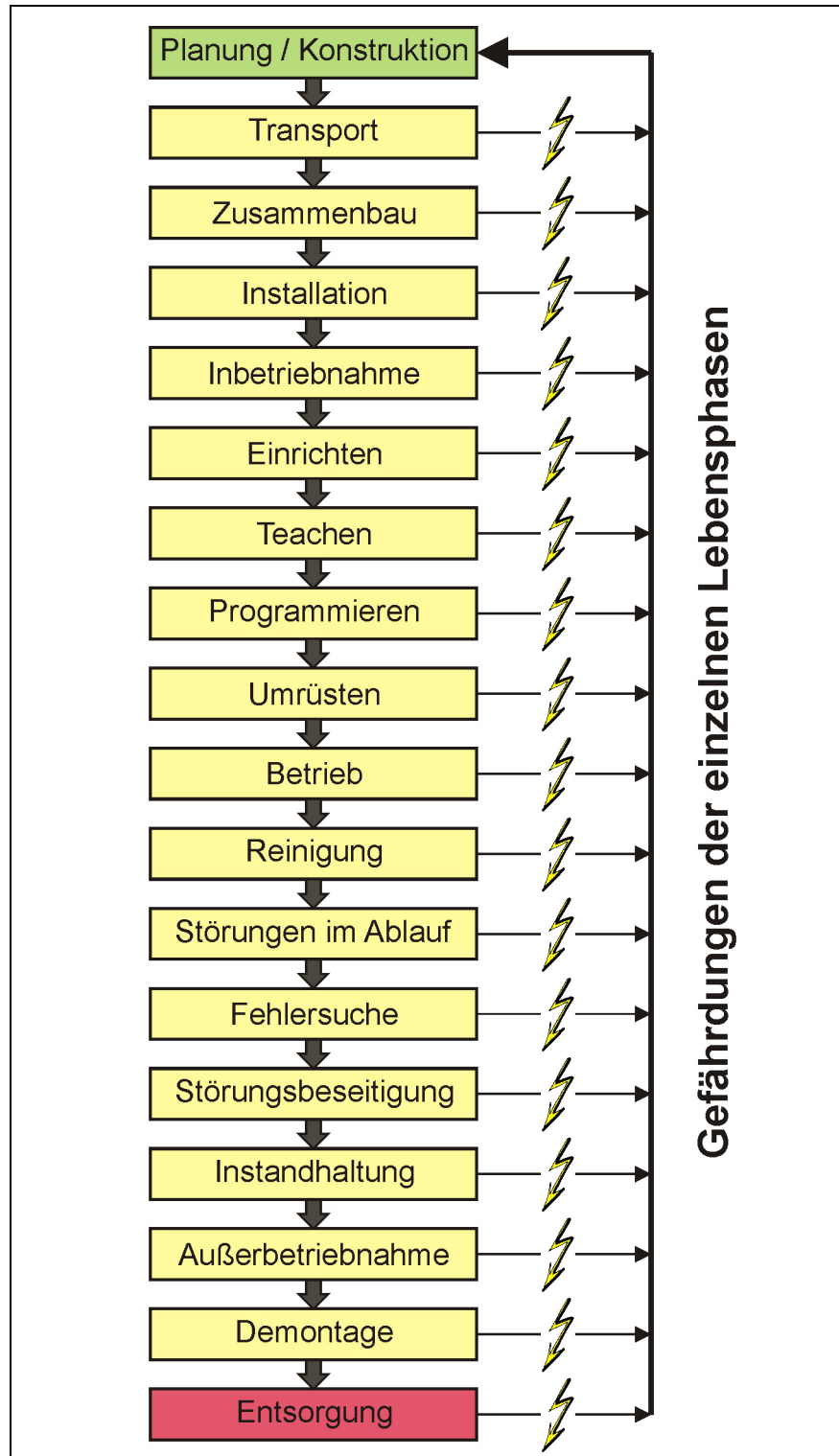


Abbildung 3-1: Lebenszyklus einer Baumaschine, [DIN EN ISO 12100-1]

3.1 Maschinenrichtlinie

Seit Anfang 1995 gilt die CE-Kennzeichnungspflicht nach Vorgabe der Maschinenrichtlinie. Mit Ende 2009 trat die bisherige Richtlinie 98/37/EG für Maschinen außer Kraft. Diese wurde durch die Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17.05.2006 ersetzt. Sie definiert grundlegende Anforderungen an die Sicherheit von Maschinen und den Gesundheitsschutz des Betreibers bzw. Anwenders sowie für Personen im Gefahrenbereich. [vgl. EMRL2006]

Was versteht man eigentlich unter der Bezeichnung „Maschine“?

„Eine Maschine im Sinne der Maschinenrichtlinie ist eine mit einem anderen Antriebssystem als der unmittelbar eingesetzten menschlichen oder tierischen Kraft ausgestattete oder dafür vorgesehene Gesamtheit miteinander verbundener Teile oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines bzw. eine beweglich ist und die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind. Des Weiteren schließt sie Betätigungsgeräte sowie den Steuer- und Energiekreis mit ein, die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind (z.B. die Verarbeitung, Behandlung, Fortbewegung und Aufbereitung eines Werkstoffes).“ [vgl. EATON2010]

„Erstmals im europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in den Verkehr gebrachte und in Betrieb genommene Maschinen und Sicherheitsbauteile fallen in den Geltungsbereich der EG-Richtlinie 2006/42/EG für Maschinen, die grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen auf einem hohen Schutzniveau stellt.“ [vgl. ERSM2009]

„Die EG-Richtlinie 2006/42/EG für Maschinen verlangt von den Mitgliedstaaten, dass nur solche Maschinen und Sicherheitsbauteile in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden dürfen, die den in ihrem Anhang I aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen genügen. Sie dürfen das in den Verkehr bringen und in Betrieb nehmen aber auch nicht verbieten, beschränken oder behindern, wenn der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter die Konformität mit den grundlegenden Anforderungen erklärt hat.“ [vgl. ERSM2009]

Ist die Maschine oder das Sicherheitsbauteil entsprechend einer europäischen Produktnorm hergestellt, die als sogenannte „Harmonisierte Norm“ zur Richtlinie 2006/42/EG im Amtsblatt der EG bezeichnet worden ist, haben die Mitgliedstaaten davon auszugehen, dass das Produkt den grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie entspricht und somit von der Vermutungswirkung auszugehen ist. Schutzklauseln verpflichten aber zugleich die Mitgliedstaaten bei drohender Gefahr für die Sicherheit von Personen und ggf. von Haustieren oder Gütern oder bei Nichterfüllung der Anforderungen der Richtlinie zu zweckdienlichen Maßnahmen, einschließlich der Information der übrigen Mitgliedstaaten. [vgl. ERSM2009]

Das primäre Ziel der Maschinenrichtlinie ist die frühzeitige Vermeidung von Gefahren bereits in der Entwicklungsphase. Hierbei gelten die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine und ebenfalls eine vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung.

Die erforderliche Konformitätserklärung, welche jeder Maschine beigelegt wird, kann erst dann für eine Maschine ausgestellt werden, wenn eine technische Dokumentation gemäß Anhang VII der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vorliegt.

Gemäß der Literatur [RBGM2010] beinhaltet die Dokumentation folgende Punkte:

- Liste mit allen geltenden grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen
- Liste der angewandten Normen und anderer technischen Spezifikationen mit Angabe der von den Normen erfassten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen
- Beschreibung der zur Risikominderung ergriffenen Schutzmaßnahmen, die sogenannte Risikobeurteilung

Die Anforderung der Maschinenrichtlinie bezüglich Risikobeurteilung ist klar geregelt. Hierbei ist nachzulesen:

„Der Hersteller einer Maschine oder sein Bevollmächtigter hat dafür zu sorgen, dass eine **Risikobeurteilung** vorgenommen wird, um die für die Maschine geltenden **Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen** zu ermitteln. Die Maschine muss dann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikobeurteilung konstruiert und gebaut werden.“ [EMRL2006]

Bei den iterativen Verfahren der Risikobeurteilung und Risikominderung hat der Hersteller oder sein Bevollmächtigter laut [EMRL2006]:

- die Grenzen der Maschine zu bestimmen, was ihre bestimmungsgemäße Verwendung und jede vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung einschließt
- die Gefährdungen, die von der Maschine ausgehen können und die damit verbundenen Gefährdungssituationen zu ermitteln
- die Risiken abzuschätzen unter Berücksichtigung der Schwere möglicher Verletzungen oder Gesundheitsschäden und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens
- die Risiken zu bewerten, um zu ermitteln, ob eine Risikominderung gemäß dem Ziel dieser Richtlinie erforderlich ist
- die Gefährdungen auszuschalten oder durch Anwendung von Schutzmaßnahmen die mit diesen Gefährdungen verbundenen Risiken zu mindern

Hinweis: In der Vorgängerversion der Maschinenrichtlinie 98/37/EG wird noch der Begriff „Gefahrenanalyse“ verwendet. Dieser wurde mit Einführung der neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG überarbeitet und durch den Begriff „Risikobeurteilung“ ersetzt.

Zusammengefasst:

Die Maschinenrichtlinie schreibt explizit vor, dass Risikobeurteilungen an einer Maschine vorzunehmen sind, um eine Maschine mit der CE-Kennzeichnung zu versehen und somit in Verkehr zu bringen. Diese Risikobeurteilung dient als Mittel zur Entdeckung von möglichen Sicherheits- und Gesundheitsschutzgefährdungen, welche über den gesamten Lebenszyklus der Maschine betrachtet werden müssen. Die Ergebnisse der jeweils durchgeführten Beurteilungen müssen ordnungsgemäß dokumentiert werden und über einen Zeitraum von 10 Jahren nach Auslieferung der Maschine zur Einsicht archiviert werden.

Die Maschinenrichtlinie ist nicht nur als gesetzliche Vorgabe zu verstehen, sondern vielmehr als Hilfsmittel, mit dem die Qualität der Maschine gesteigert werden kann, das Fehlerentstehungsrisiko somit reduziert und mögliche Reklamations- und Haftungsrisiken zielgerecht auf ein Minimum gebracht werden.

3.2 Normung

Um eine Maschine bzw. Ausrüstung in Verkehr zu bringen muss diese den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der betreffenden EG-Richtlinien entsprechen. Die Maschinen werden anschließend mit der einer gültigen CE-Kennzeichnung versehen.

Das „CE“ steht für „Communautés Européennes“ und bedeutet übersetzt „Europäische Gemeinschaften“. Mit der CE-Kennzeichnung einer Maschine erklärt der verantwortliche Hersteller, dass diese nach den relevanten EU-Normen und Richtlinien gefertigt wurde und somit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Europäischen Gemeinschaft genügt.

Bei der **CE-Kennzeichnung** besonders zu beachten ist, dass dieses Zeichen **kein Qualitätssiegel** darstellt, sondern **nur die Konformität** der jeweiligen Produkte zu den europäischen Richtlinien und Normen aufzeigen soll. Diese Konformität wird vom Hersteller erklärt, wenn er der Meinung ist, dass er die entsprechenden Richtlinien und Standards eingehalten hat. [vgl. KOSS2008]

Das CE-Kennzeichen bringt der Hersteller entweder in Selbstverantwortung oder nach einer durchgeführten Baumusterprüfung (Abnahme durch die Berufsgenossenschaft Bau) an der Maschine an. Diese Kennzeichnung ist mittlerweile ein Muss, da Maschinen/ Produkte/ Bauteile/ Geräte/ Anlagen ohne CE-Kennzeichnung in Europa (innerhalb der EU) nicht in Verkehr gebracht werden dürfen.

„Die CE-Kennzeichnung ist somit als Reisepass innerhalb des europäischen Binnenmarktes anzusehen. Irrtümlicherweise wird jedoch das CE-Kennzeichen des Öfteren mit einem Qualitäts- oder Gütezeichen verwechselt. Dem Endverbraucher wird hiermit lediglich signalisiert, dass die Vermutung vorliegt, dass alle Normen der Maschinenrichtlinie somit eingehalten werden. Es wird hierbei von der „Vermutungswirkung“ gesprochen.“ [EATON2010]

Um eine CE-Kennzeichnung für eine Maschine zu erteilen, muss eine EG-Konformitätserklärung vorliegen. Durch die Konformitätserklärung erklärt der Hersteller, dass die Maschine allen grundlegenden Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen aller relevanten europäischen Richtlinien entspricht. In der Konformitätserklärung werden hierzu alle angewandten Vorschriften, Normen, technische Spezifikationen sowie alle angewendeten harmonisierten Normen aufgelistet (Aufstellung siehe Rubrik 3.2.2).

3.2.1 Zusammenhang Gesetzgebung und Normung

Wichtig ist das Verständnis, dass Richtlinien (nationale Gesetze) und Normen (Vorschläge / Hilfestellungen) nur „lose“ aneinandergelockt sind. Die Anwendung der harmonisierten Normen ist jedem Hersteller frei überlassen. Dem Hersteller einer Maschine steht die Wahl jeder technischen Lösung frei zur Verfügung, solange die wesentlichen Sicherheitsanforderungen – welche in der Norm geregelt sind – hiermit erfüllt werden können. [vgl. KOTH2010]

Bei der Anwendung von harmonisierten Normen am Produkt, wird die Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen vermutet!

Jeder Maschinenhersteller muss die Einhaltung der EG-Sicherheitsanforderungen selbst prüfen und nachweisen -> die sogenannte **gesetzliche Nachweispflicht!** [vgl. KOTH2010]

Weiters ist jeder Hersteller für die Anwendersicherheit seines Produktes über den gesamten Lebenszyklus des Produktes verantwortlich -> die sogenannte **gesetzliche Verantwortung!** [vgl. KOTH2010]

3.2.2 Angewandte Vorschriften, Normen und Spezifikationen

Nachfolgende Richtlinien (Tabelle 3-1) und harmonisierte Normen (Tabelle 3-2) sind in der Konformitätserklärung des Liebherr Werk Telfs aufgelistet. Hiermit erklärt der Hersteller, dass die Maschinen / Ausrüstungen den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der betreffenden EG-Richtlinien entsprechen.

In Tabelle 3-3 werden die Normen aufgelistet, welche für eine Risikobeurteilung im Liebherr Werk Telfs nach Vorgaben der Maschinenrichtlinie anzuwenden sind.

Einschlägige Bestimmungen (in der letztgültigen Fassung) / EG-Richtlinien:

Tabelle 3-1: Auflistung der in LWT relevanten EG-Richtlinien

EG-Richtlinien	Beschreibung
Richtlinie 2006/42/EG über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG D7	Maschinenrichtlinie
Richtlinie 97/68/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte	Mobile Maschinen und Geräte: Gasförmige Schadstoffe (Abgasemission)
Richtlinie 2004/26/EG zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG	Änderungsrichtlinie
Richtlinie 2004/108/EG über die elektromagnetische Verträglichkeit und zur Aufhebung der Richtlinie 89/336/EWG	Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit
Richtlinie 2000/14/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen	Schallrichtlinie

Angewendete harmonisierte europäische Normen zur Konformität:

Tabelle 3-2: Auflistung der für LWT relevanten harmonisierten Normen

Normen	Teil der Norm
DIN EN 474-1: Erdbaumaschinen Sicherheit	Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 474-2: Erdbaumaschinen Sicherheit	Teil 2: Anforderungen für Planierdraupen
DIN EN 474-3: Erdbaumaschinen Sicherheit	Teil 3: Anforderungen für Laderaupen
DIN EN 474-9: Erdbaumaschinen Sicherheit	Teil 9: Anforderungen für Rohrleger
DIN EN 1459: Sicherheit von Flurförderzeugen – Kraftbetrieogene Stapler mit veränderlicher Reichweite	Teleskoplader
DIN EN 280: Fahrenbare Hubarbeitsbühnen – Berechnung – Standsicherheit – Bau – Sicherheit – Prüfungen	Ohne Punkt 5.4.1 für Hubarbeitsbühnen – Teleskoplader
DIN EN 280/A1: Fahrenbare Hubarbeitsbühnen – Berechnung – Standsicherheit – Bau – Sicherheit – Prüfungen	für Hubarbeitsbühnen – Teleskoplader

Auswahl der Normen zur Risikobeurteilung von Maschinen:

Tabelle 3-3: Auflistung der Normen zur Risikobeurteilung im LWT

Normen	Teil der Norm
DIN EN ISO 12100-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze	Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie
DIN EN ISO 12100-2: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze	Teil 2: Technische Leitsätze
DIN EN ISO 14121-1: Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilungen	Teil 1: Leitsätze
DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
DIN EN ISO 13849-2: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	Teil 2: Validierung
ISO 15998.2: Earth-moving machinery -- Machine-control systems (MCS) using electronic components -- Performance criteria and tests for functional safety	

4 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung dient in erster Linie der Abschätzung von Gefahren, welche sich durch den Einsatz der Maschine ergeben. Durch eine systematische Analyse und anschließende Bewertung der Ergebnisse können Risiken erkannt und durch das Verfahren der Risikominderung beseitigt bzw. abgeschwächt werden. Leitfa-den hierzu ist die DIN EN ISO 12100-1, welche die Vorgehensweise einer Risiko-beurteilung wiedergibt.

Begriffserklärungen aus dem Bereich der Risikobeurteilung nach [COACH2010]:

Risiko:

Beschreibt die Kombination aus der Wahrscheinlichkeit und der Schwere einer Verletzung oder eines Gesundheitsschadens, welche in einer Gefährdungssituati-on eintreten kann

Gefährdung:

Die potentielle Quelle von Verletzungen oder Gesundheitsschäden

Gefahrenbereich:

Bereich einer Maschine und / oder ihres Umkreises, in dem die Sicherheit oder die Gesundheit einer Person gefährdet ist

Bedienungspersonal:

Person oder Personen, die für Installation, Betrieb, Einrichten, Wartung, Reini-gung, Reparatur oder Transport von Maschinen zuständig sind

Wichtig ist hierbei das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Gefährdung und Risiko. Eine Gefährdung kann von Bauteilen, Funktionen, Handlungsweisen des Bedieners oder Ähnlichem ausgehen. Aus einer drohenden Gefährdung her-aus entstehen Risiken für den Bediener bzw. Anwender einer Maschine sowie für Personen, welche in den Gefahrenbereich aufhalten können. Das festgestellte

Risiko an sich muss anschließend als Funktion verstanden werden, um eine entsprechende Bewertung zu treffen.

4.1 Grundlagen

Die Unwissenheit über Schadensfälle an einer Maschine ist keine Versicherung dafür, dass die Maschine als „sicher“ gilt.

Zur zielgerechten Entwicklung einer Maschine muss eine Risikobewertung bereits in der Planungs- und Konstruktionsphase durchgeführt werden.

Die frühzeitige Risikobeurteilung ist der Schlüssel zum Erfolg. Ziel einer jeden Risikobeurteilung ist die frühzeitige Ermittlung aller Risiken, die von einer Maschine ausgehen. Diese müssen bereits in der Entwicklungsphase möglichst vermieden werden bzw. durch konstruktive Maßnahmen auf ein Minimum gebracht werden. Der Ablauf einer solchen Risikobeurteilung erfolgt hierbei – wie in Abbildung 4-1 dargestellt – parallel zu Planung und Konstruktion.

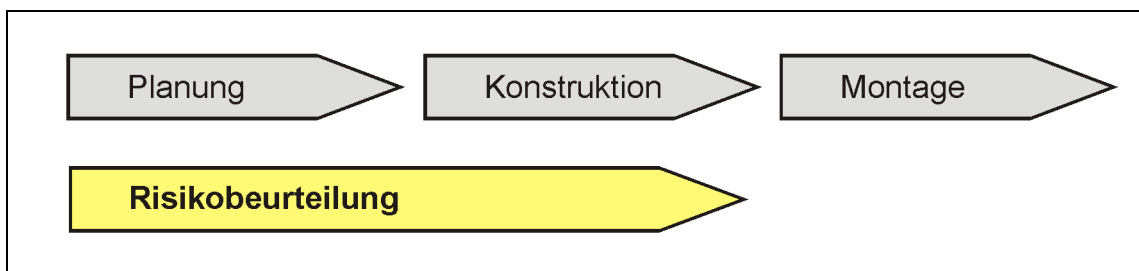


Abbildung 4-1: Frühzeitige Risikoanalyse, [COACH 2010]

4.2 Die häufigsten Fehler einer verspäteten Risikobeurteilung

Ohne eine Risikobeurteilung durchgeführt zu haben, darf eine Maschine laut Maschinenrichtlinie nicht in den Verkehr gebracht werden. Der Hersteller ist verpflichtet, die geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen mit Hilfe einer Risikobeurteilung zu ermitteln. Die Erfahrungen welche aus dieser Beurteilung gewonnen werden sind die Basis für eine sichere Konstruktion.

Aus der Praxis ist bekannt, dass Risikobeurteilungen entweder gar nicht oder erst verspätet durchgeführt werden. Bei einer nachträglich durchgeführten Risikobeurteilung handelt es sich lediglich um eine Restgefährdungsbeurteilung.

Die Folgen hierbei laut [COACH2010] sind:

- erhöhte Kosten
- erhöhtes Haftungsrisiko
- erhöhter Zeitdruck

Weitere Folgen daraus können sein:

- Nicht kalkulierte, aber zwingend erforderliche Maßnahmen zur Integration der Sicherheit
- Verzögerungen der Auslieferung und der Inbetriebnahme
- Notwendige Rückrufe auf Grund fehlerhafter oder unsicherer Maschinen
- Öffentliche Warnungen der Verbraucher (Imageverlust)
- Haftungsansprüche gegenüber dem Konstrukteur (bei vorsätzlich oder grob fahrlässiger Handlung)
- Personenschäden oder im schlimmsten Fall der Tod

4.3 Konzept der 4-Schritt Risikobeurteilung

Bei einer vollständigen Risikobeurteilung handelt es sich um einen systematischen Prozess, welcher sich aus der Norm DIN EN ISO 12100-1 grundlegend aus vier Schritten zusammensetzt:

- Festlegen der Grenzen
- Gefährdungsermittlung
- Risikoeinschätzung
- Risikobewertung

Die ersten drei Punkte fallen dabei unter den Sammelbegriff der Risikoanalyse. Die Risikoanalyse setzt die relevanten Parameter der zu betrachtenden Gefahren fest. Es folgt eine umfangreiche Risikobewertung, bei der die ermittelten Risiken nach vorgegebenen Kriterien bewertet bzw. beurteilt werden. Mit den Ergebnissen aus der Risikobeurteilung muss anschließend entschieden werden, ob eine Risikominderung erforderlich erscheint bzw. der Risikofaktor vernachlässigbar gering und somit vertretbar ist.

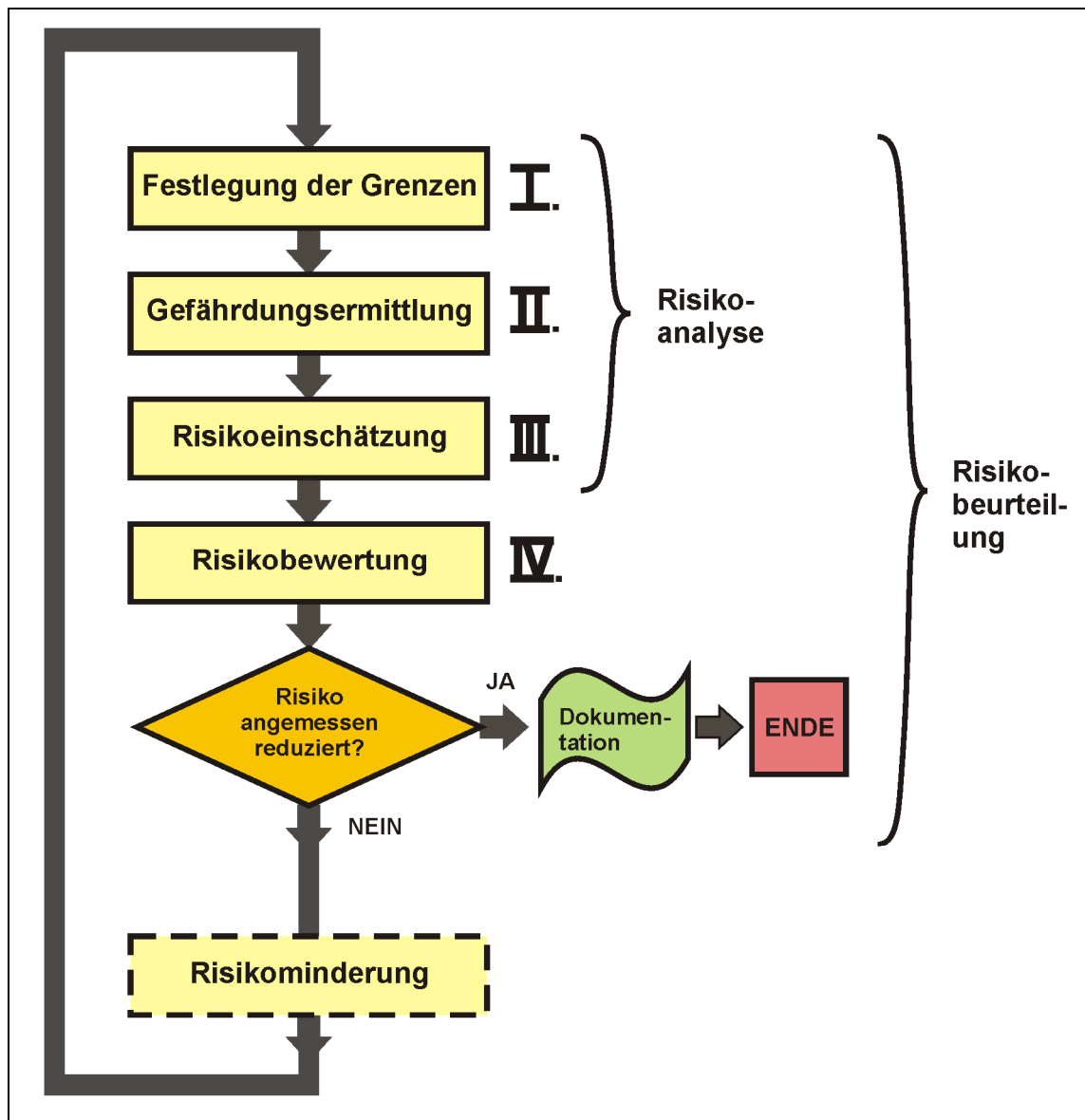


Abbildung 4-2: Risikobeurteilung in 4 Schritten, [DIN EN ISO 14121-1]

Anfangs werden im Zuge der **Risikoanalyse** die Grenzen der Maschine bestimmt und alle Gefährdungen ermittelt, welche für die Sicherheit oder Gesundheit bestehen. Um das Risiko zu ermitteln, wird jede Gefährdung nach ihrem Grad und der Eintrittswahrscheinlichkeit beurteilt. Somit umfasst die Risikoanalyse gleich die drei einleitenden Schritte der Risikobeurteilung.

Es folgt die **Risikobewertung**. Hierbei ist abzuwägen, ob die Notwendigkeit einer Risikominderung durch geeignete Schutzmaßnahmen anzuwenden ist.

Bei der **Risikominderung** werden zunächst versucht drohende Gefährdungen konstruktiv zu beseitigen bzw. die Gefahren auf ein vertretbares Restrisiko zu vermindert. Erst im zweiten Schritt werden Risiken durch das Ergreifen von Schutz-

maßnahmen – wie zum Beispiel Schutzgitter oder Geländer – gemindert. Die letzte Möglichkeit ist der Hinweis auf Restrisiken, welche auf die sichere Benutzung der Maschine oder auf die Nennung von benutzerbezogenen Anforderungen hinweist. Dies können spezielle Unterweisungen, spezielle Ausbildungsmaßnahmen für das Bedienpersonal oder die Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen sein. [vgl. COACH2010]

Die Beurteilung anhand der Schritte erfolgt iterativ so lange, bis der Prozess als sicher zu beurteilen ist. Das heißt, die Schritte werden solange wiederholt, bis das Risiko ausgeschlossen werden kann, bzw. nur mehr ein vertretbares Restrisiko besteht.

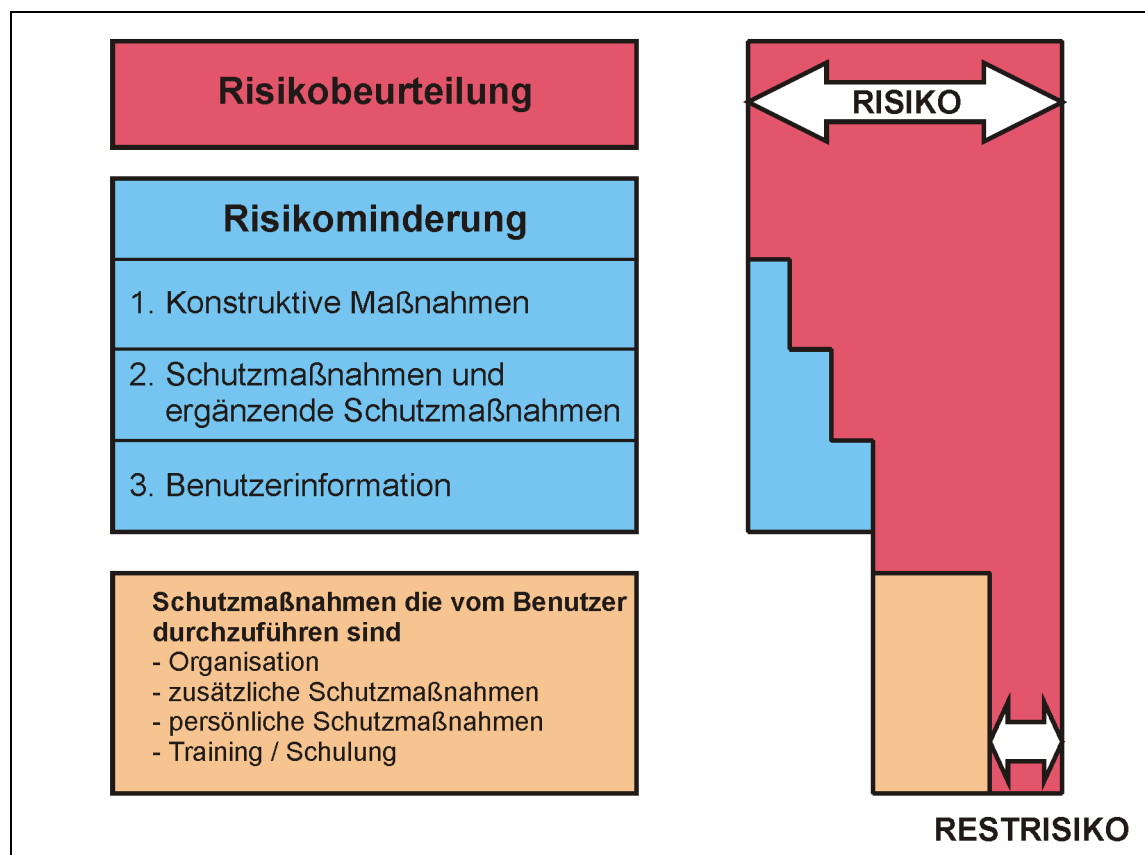


Abbildung 4-3: Risikominderungsprozess, [DIN EN ISO 12100-1]

4.3.1 Festlegen der Grenzen

Der erste Schritt der Risikoanalyse besteht darin die Grenzen der betrachteten Maschine zu bestimmen. Hierbei sind nach [COACH2010] vorrangig vier Grenzen zu berücksichtigen:

- Verwendungsgrenzen
- Räumliche Grenzen
- Zeitliche Grenzen
- Umgebungsbezogene Grenzen

Bei jeder der vier genannten Grenzen werden sowohl die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine sowie eine mögliche Fehlanwendung dieser berücksichtigt.

4.3.1.1 Verwendungsgrenzen

Beinhaltet die Verwendung der Maschine einschließlich aller Betriebsarten und unterschiedlichen Eingriffsmöglichkeiten für das jeweilige Bedienpersonal. Die Verwendungsgrenze bestimmt zusätzlich den Einsatzbereich der Maschine und den vorgesehenen Anwenderkreis. Zu berücksichtigen hierbei sind die Fachkenntnisse des zukünftigen Bedienpersonals.

4.3.1.2 Räumliche Grenzen

Hier muss beispielsweise der Bewegungsraum einer beweglichen Maschine berücksichtigt werden.

Auch der Platzbedarf für Installationen, Betrieb und Instandhaltung der Maschine sowie die Schnittstellen zwischen Mensch / Maschine und Mensch / Energieversorgung spielen hier eine wichtige Rolle.

4.3.1.3 Zeitliche Grenzen

Diese Grenze bestimmt die vorhersehbare Lebensdauer der Maschine und / oder ihrer Bauteile. Weiters werden beispielsweise Werkzeuge, Verschleißteile, elektrische Bauteile und Ähnliches berücksichtigt. Zeitliche Eingrenzungen bestimmen ebenfalls die vorgegebenen Wartungsintervalle einer Maschine.

4.3.1.4 Umgebungsbezogene Grenzen

Das sind Grenzen, welche speziell auf den Bediener oder Betreiber einwirken. Faktoren, wie unterschiedliche Umgebungstemperaturen, der Betrieb im Gebäude bzw. in freier Natur, Witterungsverhältnisse sowie Staub- oder Nässeverträglichkeit bilden hier das Hauptmerkmal.

4.3.2 Gefährdungsermittlung

Der nächste Schritt der Risikoanalyse besteht darin, alle Gefährdungen und Gefahrensituationen zu ermitteln, die im Zusammenhang mit dem Einsatz der Maschine auftreten können. Dieser gilt als der wichtigste Schritt der Risikobeurteilung. Hierbei wird der Umfang bzw. das Ausmaß der zu betrachtenden Gefährdungspotentiale ermittelt. Zu betrachten sind jedoch nicht nur Gefahren welche sich aus der sinngemäßen Verwendung der Maschine ergeben, sondern auch Gefährdungen, welche unerwartet oder vernünftigerweise vorhersehbar auftreten können. Je genauer die Gefährdungsermittlung betrieben wird, desto umfangreicher wird die gesamte Risikobeurteilung. Weiters ist zu beachten, dass nicht nur der Betrieb der Maschine zur Gefährdungsermittlung herangezogen wird, sondern wie bereits unter Rubrik „3 Maschinensicherheit – Gefährdung“ beschrieben, der gesamte Lebenszyklus eines Produktes berücksichtigt werden muss. Eine Aufstellung bzw. einheitliche Liste der signifikanten Gefährdungen für Maschinen gibt es leider nicht. Die Auswahl der zu betrachtenden Gefährdungen obliegt hierbei dem menschlichen Ermessen des Risikobewertungs-Teams, das sich aus Experten aus den jeweiligen Bereichen zusammensetzt, welche alle signifikanten Gefährdungen entsprechend festlegen.

Darüber hinaus müssen auch vernünftigerweise vorhersehbare Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungseignisse identifiziert werden, die nicht unmittelbar mit den Aufgaben in Zusammenhang stehen (z. B. seismische Ereignisse, Blitzschlag, übermäßige Schneelasten, Lärm, Bruch der Maschine, Bersten von Hydraulikschläuchen). [Vgl. DIN EN ISO 14121-1]

Hilfsmittel laut [COACH2010] hierbei sind:

- Die europäisch harmonisierten Normen, über die sich der Hersteller einen Überblick verschaffen kann (z.B. DIN EN ISO 474-1, DIN EN ISO 1459). Liste der angewandten harmonisierten Normen siehe Rubrik 3.2 Normung
- Beispiele für Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aus der Norm der angewandten Risikobeurteilung (z.B. DIN EN ISO 14121-1 Anhang A)
- Zusätzlich sollten bisherige Erfahrungen aus Kundenrückmeldungen bezüglich eines Unfallgeschehens in die Risikobeurteilung einfließen

4.3.3 Risikoeinschätzung

Die Gefährdungen wurden alle ermittelt und müssen nun durch ein systematisches Verfahren bewertet werden. Für jede identifizierte Gefahr ist das Risiko einzuschätzen. Hierzu dient die Risikoeinschätzung, mit der die Gefahr einer definierten Kategorie (z.B. „Performance Level“ nach DIN EN ISO 13849-1 bzw. „Safety Integrity Level“ nach DIN EN ISO 62061) zugeordnet werden kann.

Die hierbei verwendeten Parameter der Beurteilung nach DIN EN ISO 14121-1 setzen sich aus folgenden Elementen zusammen:

- Schadensausmaß
- Eintrittswahrscheinlichkeit
 - Gefährdungsexposition einer Person bzw. mehrerer Personen
 - Eintritt eines Gefährdungseignisses (Wahrscheinlichkeit)
 - technischen und menschlichen Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens

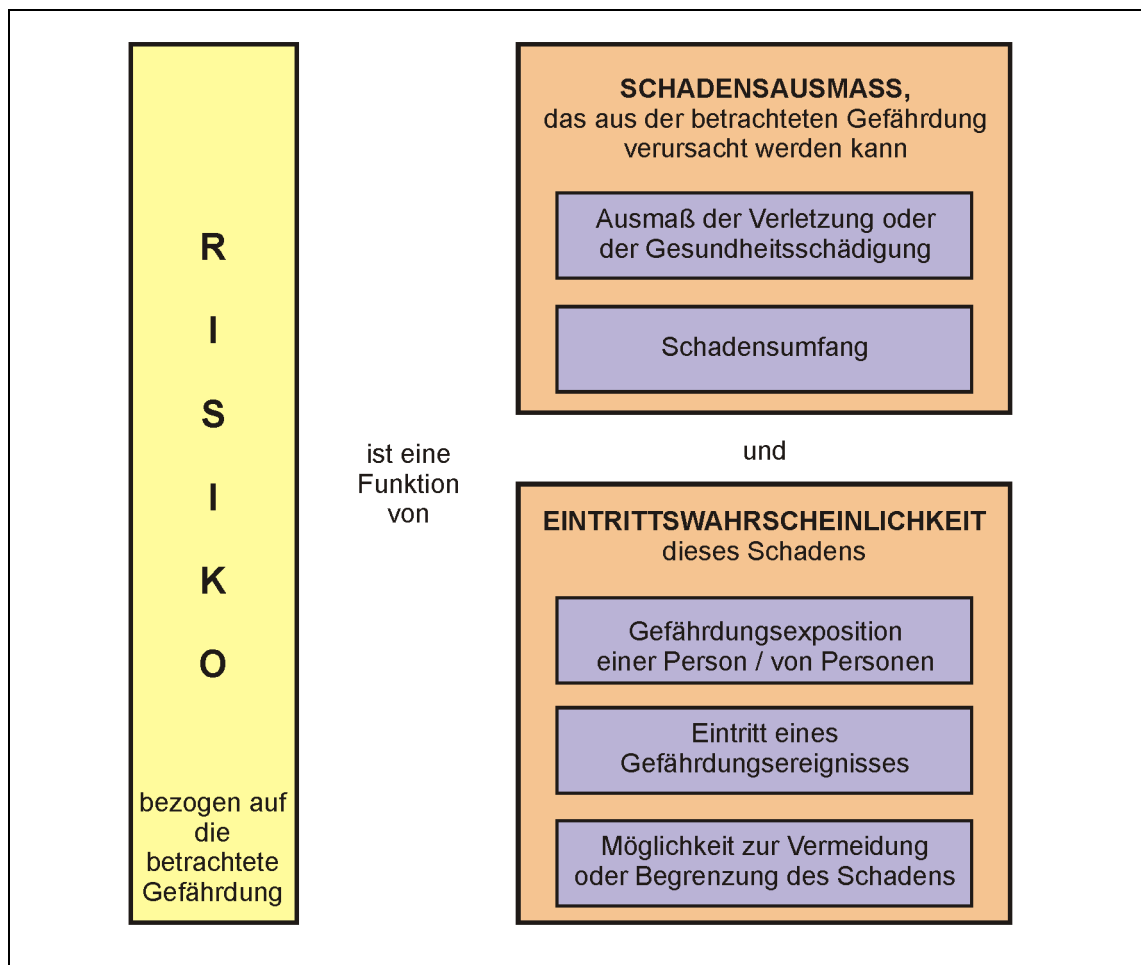


Abbildung 4-4: Risikoelemente, [DIN EN ISO 14121-1]

4.3.3.1 Schadensausmaß

Bei einer Einschätzung der Gefährdungsexposition im Bezug auf die Gesundheit des Menschen müssen alle Arbeitsweisen und Betriebsarten betrachtet werden.

Das Schadensausmaß kann unter Berücksichtigung folgender Kriterien nach DIN EN ISO 14121-1 unterteilt werden:

- dem Ausmaß der Verletzung oder der Gesundheitsschädigung
 - leicht
 - schwer
 - tödlich
- dem Schadensumfang
 - eine betroffene Person
 - mehrere betroffene Personen

4.3.3.2 Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens

Gefährdungsexposition von Personen

Faktoren nach DIN EN ISO 14121-1 sind hierfür:

- Notwendigkeit des Zuganges zum Gefährdungsbereich (zum Beispiel: für Normalbetrieb, Instandhaltung, Reparatur)
- Art des Zugangs
- Zeit, die im Gefährdungsbereich verbracht wird
- Anzahl an Personen, für die ein Zugang erforderlich ist
- Häufigkeit des Zugangs

Eintritt von Gefährdungseignissen

Das Eintreten eines Gefährdungseignisses kann technisch oder menschlich bedingt sein. Faktoren nach DIN EN ISO 14121-1 sind hierfür:

- Zuverlässigkeitsdaten und andere statistische Daten
- Unfallgeschichte
- Daten über Gesundheitsschädigungen
- Risikovergleiche

Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens

Faktoren nach DIN EN ISO 14121-1 hierfür sind:

- Betrachtung der Personen, die der/den Gefährdung(en) ausgesetzt sein können:
 - qualifiziertes oder
 - nicht qualifiziertes Personal
- Zeitliches Auftreten der Gefährdungssituation, welche zum Schaden führen könnte:
 - plötzlich
 - rasch
 - langsam
- Risikobewusstsein
 - durch allgemeine Informationen, Benutzerinformationen
 - durch direkte Beobachtung
 - durch Warnzeichen und Anzeige, speziell an der Maschine
- Menschliche Fähigkeiten, Schäden zu vermeiden oder zu begrenzen
 - Reflexe
 - Beweglichkeit (Platzverhältnisse)
 - Möglichkeit des Entkommens
- Praktische Erfahrungen und Kenntnisse
 - in Bezug auf die Maschine
 - in Bezug auf ähnliche Maschinen
 - keine Erfahrung

4.3.3.3 Wie tiefgehend soll die Risikoeinschätzung erfolgen?

Ziel einer jeden Risikobeurteilung ist das Erreichen einer „sicheren Maschine“ bzw. einer bis zu den Schnittstellen sicheren, sonst aber noch unvollständigen Maschine.

Risikoeinschätzung der Gefährdung – 1. Iterationsdurchlauf

Anfangs wird eine Gefährdung ohne bereits erfolgte Maßnahmen eingeschätzt und bewertet. Hier reicht es völlig aus, für die nachfolgende Bewertung das Schadensausmaß zu ermitteln. Nur in Einzelfällen muss auch die Eintrittswahrscheinlichkeit beim 1. Iterationslauf mit eingeschätzt werden. [vgl. RBGM2010]

Die Bewertung des einzelnen Risikos muss mit einer dieser Aussagen enden:

- keine Maßnahmen erforderlich (weil keine Schäden eintreten)
- Maßnahmen erforderlich (anschließende Anwendung der 3-Stufen-Risikominderungsmethode)

Risikoeinschätzung der verbleibenden Gefährdung nach Auswahl der Maßnahmen – 2. Iterationsdurchlauf

Das vorrangige Ziel hierbei ist, verbleibende Gefährdungen – sogenannte Restgefahren – zu bestimmen. Je nach Ergebnis kann der iterative Prozess sofort oder erst nach weiteren Maßnahmen beendet werden.

Können die Restgefahren gemäß dem Stand der Technik nicht vertreten werden, muss der Prozess so lange wiederholt werden, bis entweder die Restgefahren vertretbar gering sind oder ganz andere Maßnahmen getroffen werden müssen, wie z.B.: [vgl. RBGM2010]

- Abänderung des Konstruktionsprinzips
- bestimmungsgemäße Verwendung einschränken
- angewandte Lösung komplett verwerfen

Verfahren der Risikoeinschätzung mit Hilfe von Risikographen

Nach der Identifizierung der Gefährdungen ist für jede Gefährdungssituation eine Risikoeinschätzung unter Berücksichtigung der jeweiligen Risikoelemente durchzuführen. Als Grundlage hierfür dienen Normen, welche eine Klassifizierung der Gefährdungen ermöglichen. Die Vielfalt der Gefährdungssituationen unterscheidet sich dahingehend, dass nicht jede Gefährdung den gleichen Ursprung besitzt. Gefährdungen können beispielsweise aus dem elektronischen Bereich, hydraulischen

Bereich, steuerungstechnisch oder aus dem mechanischen Umfeld entstehen. Eine Risikoeinschätzung wird daher mit Hilfe von Risikographen durchgeführt. Der Risikograph dient als Hilfsmittel zur Quantifizierung.

Um ein Risiko bzw. eine Gefährdung in allgemeingültige Klassen zu unterteilen, muss eine einheitlich festgelegte Methode angewandt werden.

Zur Einschätzung bezüglich des Ursprungs der Gefahr werden Risikographen aus den jeweiligen Normen angewendet:

- **DIN EN ISO 14121-1:** mechanische-, elektrische-, thermische Gefährdungen
- **DIN EN ISO 15998.2:** Maschinensteuerung über elektronische Bauteile
- **DIN EN ISO 13849-1:** Maschinensteuerung allgemein

Genauere Erläuterung zum Thema Risikograph siehe Rubrik „4.5 Angewendete Risikographen zur Risikoeinschätzung“

4.3.4 Risikobewertung

Die Risikobewertung dient als Entscheidungshilfe, ob auf Grund der Risikoeinschätzung eine Risikominderung durchzuführen ist. Bei der Notwendigkeit einer Risikominderung müssen hierbei Schutzmaßnahmen gewählt und angewendet werden. Durch das Einwirken der festgelegten Schutzmaßnahmen ergibt sich daraus eine neue Betrachtungsweise der Gefährdung und muss somit durch den wiederholten Prozess der Risikobeurteilung bewertet werden. Mit Hilfe des iterativen Prozesses der Risikobeurteilung muss nun geprüft werden, ob – auf Grund der getroffenen Schutzmaßnahmen – zusätzliche Gefährdungen oder andere Risiken geschaffen wurden bzw. bestehende Risiken dadurch erhöht wurden.

Bei Auftreten von neuen Gefährdungen ist die Liste der identifizierten Gefahren zu ergänzen und hierfür sind erneut geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

Problematisch wird der iterative Prozess speziell dann, wenn auf Grund der Anwendung einer Lösung mehrere neue Gefährdungen entstehen. Durch die Ver-

zweigung entsteht ein unübersichtlicher Prozess, welcher damit schwer beherrschbar ist.

Günstiger ist, den Prozess nicht „endlos“ fortzusetzen, sondern die neu entstandenen Gefährdungen der Menge der bisher Identifizierten zuzuordnen und als eigenständige Gefährdungen zu behandeln. Nach dem gleichen Muster sind ebenfalls Produktnormen aufgebaut. [vgl. RBGM2010]

Kriterien zur Risikobewertung

Für eine hinreichende Risikominderung gibt die DIN EN ISO 12100-1 folgende Kriterien vor: [vgl. FSVM2008]

- Wurden alle Betriebsbedingungen und alle Eingriffsmöglichkeiten berücksichtigt?
- Wurden die Gefährdungen durch angemessene Schutzmaßnahmen beseitigt oder die Risiken soweit vermindert, wie dies praktisch umsetzbar ist?
- Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Maßnahmen nicht neue Gefährdungen schaffen?
- Sind die Benutzer hinsichtlich der Restrisiken ausreichend informiert und gewarnt?
- Ist sichergestellt, dass die Arbeitsbedingungen der Bedienpersonen und die Benutzerfreundlichkeit der Maschine durch die ergriffenen Schutzmaßnahmen nicht eingeschränkt werden?
- Sind die durchgeführten Schutzmaßnahmen miteinander vereinbar?
- Wurden die Folgen ausreichend berücksichtigt, die sich durch den Gebrauch einer für den gewerblichen / industriellen Einsatz konstruierten Maschine im nicht gewerblichen / nicht industriellen Bereich ergeben können?
- Ist sichergestellt, dass die durchgeführten Schutzmaßnahmen die Arbeitsbedingungen der Bedienpersonen oder die Benutzerfreundlichkeit der Maschine nicht negativ beeinflussen?

4.4 Verfahren zur Risikobeurteilung – Welche Normen werden angewendet?

Um die Frage „Ist meine Maschine sicher bzw. wie kann ich dies nachweisen“ beantworten zu können, sind in den EN-Normen prüfbare und somit nachweisbare Forderungen beschrieben.

Die EN-Normen „Sicherheit für Maschinen“ sind nach [EATON2010] in drei Hauptgruppen unterteilt:

Typ A: Grundnormen:

Definiert Anforderungen, die für die Maschinenarten anwendbar sind: Grundlegende Sicherheitsanforderungen über Gestaltungsleitsätze, allgemeine Aspekte, welche in ähnlicher oder gleicher Weise alle Maschinen betreffen.

Typ B: Gruppennormen:

Typ B-Normen behandeln konstruktive Aspekte wie Abstände, Oberflächentemperaturen, usw. oder funktionale Aspekte wie NOT-HALT, Zweihandbedienung, usw. Sicherheitsbedingte Einrichtungen für verschiedene Arten von Maschinen können hierbei verwendet werden.

Typ C: Produktnormen:

Beschreiben in erster Linie konkrete Anforderungen und Schutzmaßnahmen zu allen produktspezifischen Gefährdungen, welche von der Maschine oder von Arten einer Maschinengruppe ausgehen. Es handelt sich hierbei um Sicherheits- Produkt- oder Fachnormen. **Die Typ C-Norm ermöglicht den Nachweis, dass die geforderte Maschinensicherheit geprüft wurde.**

Für die jeweilige Maschinenart ist in erster Linie die Produktnorm einzuhalten. Diese bezieht sich in der Regel auf die zutreffenden Gruppennormen. Enthält jedoch die Typ C-Norm dazu abweichende Forderungen, gilt die Typ C-Norm.

Die sicherheitstechnischen Anforderungen der Maschinenrichtlinie und EN-Normen sind unterschiedlich hoch, abhängig vom jeweiligen Unfallrisiko. In den meisten C-Normen sind die konkreten Risiken der Maschinenart berücksichtigt.

Entsprechend hoch oder niedrig sind die sicherheitstechnischen Anforderungen vorgegeben.

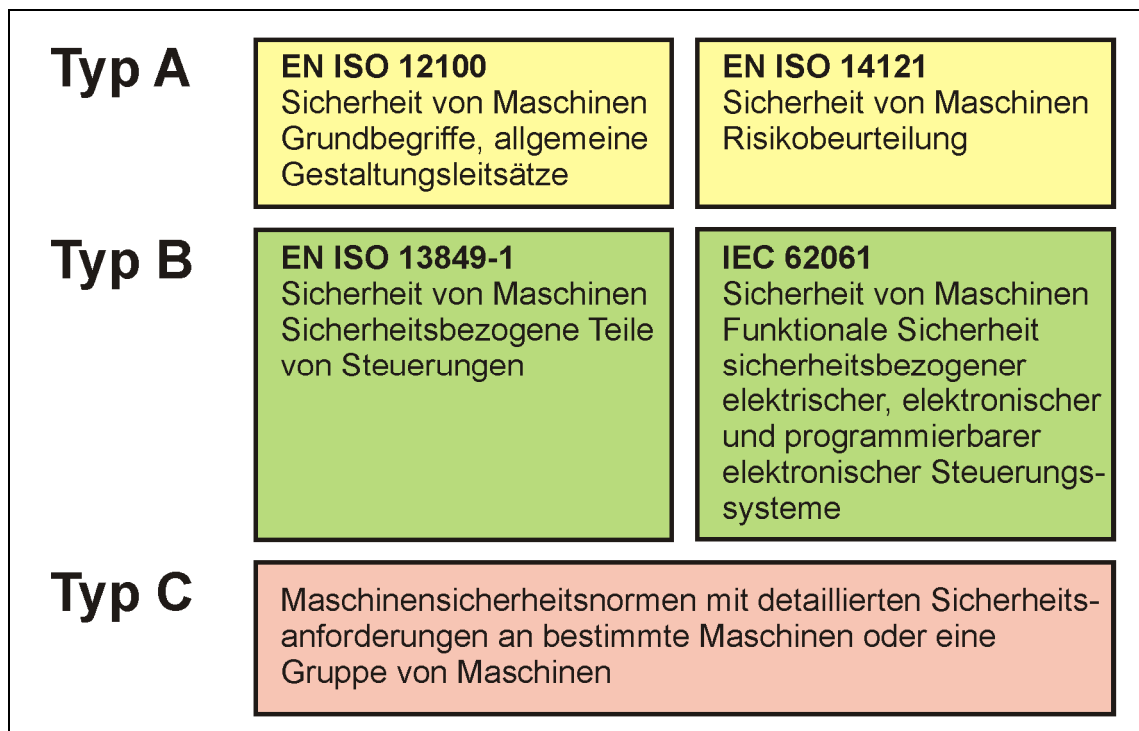


Abbildung 4-5: Unterteilung der angewendeten Normtypen, [EATON2010]

Grundlegend stehen mehrere Möglichkeiten einer Risikobeurteilung nach Vorgaben der Norm zur Verfügung. Ziel hierbei ist, für die zu betrachtende Gefährdung eine geeignete Methode anzuwenden, sodass eine mögliche Risikominderung umgesetzt werden kann. Je nach Art der Gefährdung muss daher eine angepasste Vorgehensweise der Beurteilung gewählt werden. Hierbei unterscheiden wir folgende Normen:

4.4.1 Norm DIN EN ISO 12100-1

Nach der Überarbeitung der Vorgängernorm DIN EN 292 erhielt die harmonisierte Norm DIN EN ISO 12100-1 die Bezeichnung: „Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze“

Unterteilt in: Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie

Teil 2: Technische Leitsätze

Die DIN EN ISO 12100-1 ist eine Typ A Sicherheitsnorm. Typ A bedeutet, dass diese Normen nicht spezifisch genug und deshalb nicht geeignet sind, um eine

sogenannte Vermutungswirkung auszulösen. Vermutungswirkung erhält man lediglich durch Typ C- und ggf. auch Typ B-Normen.

Der Hauptzweck dieser Norm besteht darin, Konstrukteuren einen Leitfaden zur zielgerechten Planung von Maschinen zu liefern, welche den bestimmungsgemäßen Verwendungen dienen sollen. Die Norm enthält Gestaltungsleitsätze und Methoden zur sicheren Konstruktion sowie zu einer anschließenden Risikominderung.

Die Norm ist eine große Hilfe bei der von der EG-Richtlinie geforderten Integration der Sicherheit in die Konstruktion einer Maschine, insbesondere dann, wenn keine Produktnorm (Typ C-Norm) vorliegt oder aus bestimmten Gründen von einer solchen Norm abgewichen wird. [vgl. MMBG2010]

Bedeutende Inhalte der DIN EN ISO 12100-1:

- Begriffsdefinitionen
- Gefährdungen, die bei der Konstruktion von Maschinen zu berücksichtigen sind
- Strategie zur Risikominderung
- 3 Stufen Prozess zur Risikominderung
- Technische Leitsätze zur Konstruktion von sicheren Maschinen
- Inhärent sichere Konstruktion (konstruktive Auslegung von der keine Gefährdung ausgeht – in sich selbst sicher)
- Technische- und ergänzende Schutzmaßnahmen
- Benutzerinformationen

Alle Schutzmaßnahmen, welche zu einer Beseitigung der Gefährdung bzw. zur Minderung des Risikos beitragen, sind in dieser Norm fest vorgegeben und folglich auch einzuhalten.

4.4.2 Norm DIN EN ISO 14121-1

Nach der Überarbeitung der Vorgängernorm DIN EN 1050 erhielt die harmonisierte Norm DIN EN ISO 14121-1 die Bezeichnung: „Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 1 Leitsätze“ und ist gültig seit dem 01.12.2007.

Zweck der EN ISO 14121-1 ist es, dem Hersteller eine Anleitung für ein geschlossenes systematisches Verfahren zur Risikobeurteilung in die Hand zu geben.

Es werden allgemeine Leitsätze aufgestellt, um die in der DIN EN ISO 12100-1 festgelegten Ziele zur Risikominderung zu erreichen. Diese Leitsätze zur Risikobeurteilung enthalten Kenntnisse und Erfahrungen zu Konstruktion, Einsatz, Zwischenfall- und Unfallgeschehen sowie über Schäden im Zusammenhang mit Maschinen, mit denen die in den relevanten Phasen der Lebensdauer einer Maschine möglichen Risiken beurteilt werden können. [vgl. MMBG2010]

Bedeutende Inhalte der DIN EN ISO 14121-1:

- Verfahren zur Gefährdungsermittlung, Risikoeinschätzung und Risikobewertung
- Vorgaben zur Dokumentation
- Beispiele für Gefährdungen, Gefahrensituationen und Gefährdungsereignisse

4.4.3 Norm ISO 15998.2

Die Norm ISO 15998.2 hat die Bezeichnung: „Earth-moving machinery -- Machine-control systems (MCS) using electronic components -- Performance criteria and tests for functional safety“. Diese Norm wurde bereits bei den ersten Risikobeurteilungen im Liebherr Werk Telfs angewandt. Die Norm ISO 15998.2 ist speziell anzuwenden für Maschinensteuerungen, welche über elektrische / elektronische Bauteile gesteuert werden. Auf nichtelektrische Bauteile kann diese jedoch nicht angewandt werden und ist somit für das Konzept der Risikobeurteilung in LWT nicht weiter zu beachten. Dies wurde in einer Besprechung der Vertreter aus den jeweiligen Werken des Konzerns festgelegt. Als Alternative dazu wird zukünftig die Vorgehensweise der DIN EN ISO 13849-1 verfolgt, welche für elektrische- und nichtelektrische Bauteile gleichermaßen angewandt werden kann.

4.4.4 Norm DIN EN ISO 13849-1

Ende des Jahres 2006 wurde die DIN EN ISO 13849-1:2006 als Nachfolgenorm der bekannten DIN EN 954-1:1996 verabschiedet. Mit der DIN EN ISO 13849-1 erfolgt über den qualitativen Ansatz der DIN EN 954-1 hinaus auch eine quantitative Betrachtung der Sicherheitsfunktionen. Nach Veröffentlichung der DIN EN ISO 13849-1:2006 im Amtsblatt der EU ist diese unter der neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG gelistet, so dass bei Anwendung der Norm die Vermutungswirkung eintritt. Die europäische Norm EN ISO 13849-1:2006 hat mittlerweile den Status der nationalen Norm erhalten und liegt als DIN EN ISO 13849-1:2007-07 vor. [vgl. MMBG2010]

Die Norm legt Anforderungen für den Entwurf von sicherheitsbezogenen Steuerungssystemen von Maschinen fest. Der Vorteil der Anwendung von DIN EN ISO 13849-1 bei Steuerungssystemen liegt darin, dass diese Risikobeurteilung medienunabhängig ist. Das bedeutet, die Norm ist gleichermaßen für mechanische, hydraulische, pneumatische und elektrische / elektronische Steuerungssysteme anwendbar. Im Gegensatz hierzu können Normen, wie beispielsweise die ISO 15998.2 bzw. EN IEC 62061, lediglich auf elektrische / elektronische Systeme angewendet werden. [vgl. MMBG2010]

„Zur Unterteilung der unterschiedlichen sicherheitstechnischen Leistungsfähigkeiten wird hierbei der sogenannte Performance Level (PL) beschrieben. Die Unterteilung in fünf Bereiche (a, b, c, d, e) steht somit für durchschnittliche Wahrscheinlichkeitswerte eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde. Eine anschließende Validierung, um sicherzustellen, dass die angestrebte Sicherheitsfunktionalität zuverlässig wirkt, ist fixer Bestandteil dieser Norm.“ [EATON2010]

Anwendungsgrenzen, Gegenüberstellung und Auswahl der Norm

Die Anwendung jeder der Normen DIN EN ISO 13849-1 und IEC 62061 kann die Erfüllung der relevanten grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen vermuten lassen, jedoch unterscheiden sich diese Normen in den jeweiligen zulässigen Anwendungsbereichen.

Anwendungsbereiche der Normen:

Tabelle 4-1: Gegenüberstellung der Typ-B Normen, [DIN EN ISO 13849-1]

Anwendungsbereich	DIN EN ISO 13849-1	IEC 62061
Nichtelektrik, z.B. Hydraulik	Enthalten	Nicht enthalten
Elektromechanik, z.B. Relais und/oder einfache Elektronik	Alle Architekturen und bis zu PL „e“	Alle Architekturen und bis zu SIL „3“
Komplexe Elektronik, z.B. programmierbar	Alle Architekturen und bis zu PL „e“	Bis zu SIL „3“ bei Entwicklung nach IEC 61508
Kombination verschiedener Technologien	Alle Architekturen und bis zu PL „e“	Bis zu SIL „3“ bei Entwicklung nach IEC 61508, nichtelektrische Teile nach EN ISO 13849-1

4.5 Angewendete Risikographen zur Risikoeinschätzung

Um eine geeignete Maßnahme zur Einhaltung der Sicherheit einer Maschine zu treffen, müssen ermittelte Risiken aus der Gefährdungsermittlung nun mittels geeigneten Methoden kategorisiert werden.

Der Risikograph ist ein hilfreiches Werkzeug sowie eine bewehrte Methode zur Ermittlung von Gefahrenpotentialen, welche vom betrachteten System ausgehen bzw. von dessen Bauteilen hervorgebracht werden können.

Als Kriterium zur Bewertung werden vorrangig zwei Faktoren betrachtet.

- Schadensausmaß: Auswirkung von Ereignissen; Schwere des Schadens
- Schadenshäufigkeit: Gefahrenvermeidung, Aussetzungsdauer

Für die Einschätzung werden für diese beiden Faktoren Parameter gebildet, welche die Teilaspekte des Risikos beschreiben sollen.

Der Risikograph ist somit ein Hilfsmittel zur Quantifizierung.

Wichtige Information: Zur Risikoeinschätzung mittels Risikographen wird die Maschine ohne bereits bestehende Schutzmaßnahmen bewertet.

Nach der Risikoeinschätzung können – durch die damit gewonnene Kategorisierung der jeweiligen Gefährdungen / Risiken – geeignete Schritte durch die Risikobewertung getroffen werden.

Verschiedene Arten von Risikographen stehen hierbei zur Verfügung, welche je nach Art der vorliegenden Gefährdung angewendet werden.

4.5.1 Risikograph nach DIN EN ISO 14121-1

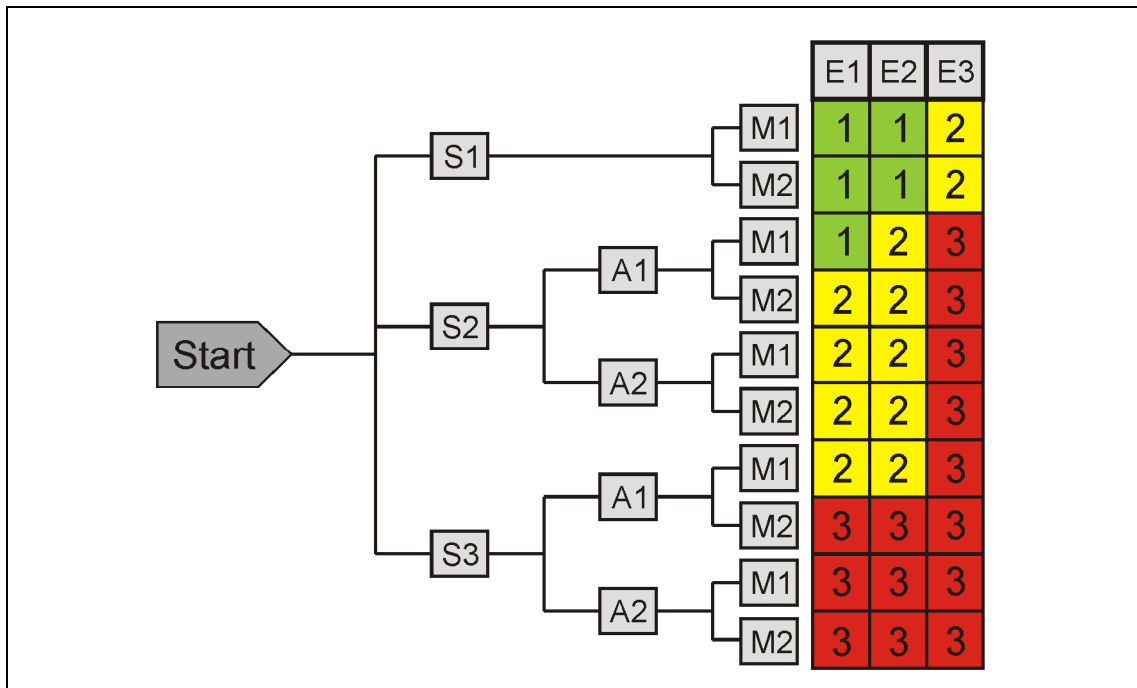


Abbildung 4-6: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 14121-1]

Tabelle 4-2: Begriffserklärung zu Risikograph, [DIN EN ISO 14121-1]

S	Ausmaß der Verletzung oder der Gesundheitsschädigung
S1	Leichte Verletzung
S2	Schwere Verletzung
S3	Tödliche Verletzung
A	Gefährdungsexpositionen von Personen
A1	selten und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
A2	häufig bis dauernd und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang (1x pro Stunde)
M	Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens
M1	möglich (unter bestimmten Bedingungen)
M2	kaum möglich
E	Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefährdungssituation
E1	gering (kaum möglich)
E2	mittleres Risiko (durchaus möglich)
E3	hohes Risiko (sehr wahrscheinlich)
Klasse	Risikoeinschätzung bezogen auf die betrachtete Gefährdung
1	geringes Risiko (Handlungsbedarf gering)
2	mittleres Risiko (Handlungsbedarf angezeigt)
3	hohes Risiko (Handlungsbedarf akut)

Um die Parameter der zu bewertenden Kriterien besser zu verstehen muss nach DIN EN ISO 14121-1 folgendes beachtet werden:

Ausmaß der Verletzung oder der Gesundheitsschädigung (S)

Der Begriff „Leichte Verletzungen“ ist als reversible Verletzung zu verstehen. Es handelt sich hierbei beispielsweise um Schnittwunden, Quetschungen, Aufschürfungen oder ähnliche Komplikationen.

Bei „Schweren Verletzungen“ handelt es sich um irreversible Verletzungen, welche schwerwiegend sind und in weiterer Folge zu bleibenden Schäden führen. Als schlimmstes Ausmaß wird hier Parameter S3 angewendet. Die hier angenommene Gefahr kann unter Umständen zum Tod führen.

Gefährdungsexpositionen von Personen (A)

Die hierbei zu bewertende Komponente der Gefährdung ist die Zeit, in der sich der Bediener bzw. andere Personen einer Gefährdungsexposition aussetzen. Speziell die Häufigkeit des Zugangs in den Gefährdungsbereich spielt hier eine entscheidende Rolle. Erneut muss der gesamte Lebenszyklus einer Maschine berücksichtigt werden (d.h. auch beispielsweise Rüstzeiten oder Wartungsarbeiten)

Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens (M)

Die einzige Möglichkeit einen Schaden aus der Sicht des Bedieners zu vermeiden, ist ein möglichst rasches Eingreifen. Ein möglichst frühes Erkennen der Gefahr und folglich ein rechtzeitiges Handeln können einen Folgeschaden vermeiden.

Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefährdungssituation (E)

Hierbei spielen speziell Erfahrungswerte oder Vergleiche mit anderen Maschinen eine große Rolle, um die Kategorisierung zu bestimmen.

Risikoeinschätzung bezogen auf die betrachtete Gefährdung (Klasse 1-3)

Die Klassen dienen dem Konstrukteur als Entscheidungshilfe, ob eine betrachtete Funktion ein relevantes Risiko darstellt oder nicht. Die jeweilige Klasse entscheidet über die Notwendigkeit und den Umfang einer Risikominderung.

Diese Art der Bewertung wird vorrangig für Gefährdungsereignisse verwendet, welche nicht steuerungstechnisch bedingt sind. Es handelt sich hierbei vorrangig um allgemeine Gefährdungen, bei denen allerdings keine Prioritäten gelten. Vorrangig werden hiermit folgende Gefährdungen nach DIN EN ISO 14121-1 beurteilt:

- mechanische Gefährdungen
- elektrische Gefährdungen
- thermische Gefährdungen
- Lärmgefährdungen
- Schwingungsgefährdungen
- Strahlungsgefährdungen
- Material- / Substanzgefährdungen
- Ergonomische Gefährdungen
- Gefährdungen im Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine
- Kombinationen von Gefährdungen

Die Norm ist in Bezug auf Risiken für Haustiere, Eigentum oder Umwelt nicht anwendbar!

4.5.2 Risikograph nach ISO 15998.2

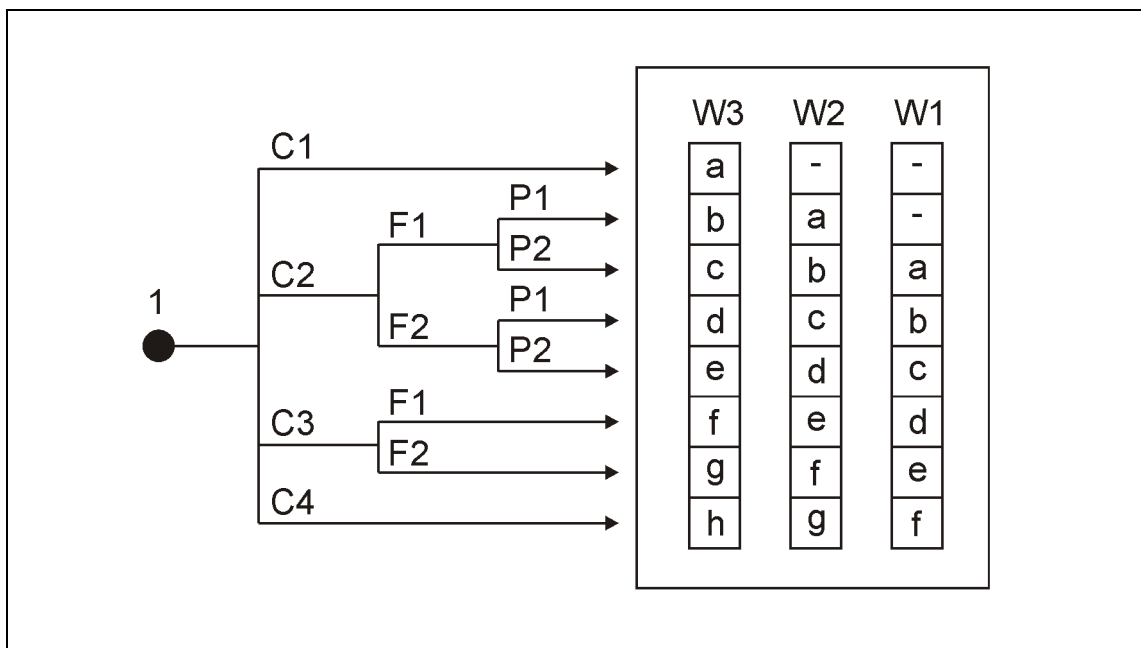


Abbildung 4-7: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [ISO 15998.2]

Tabelle 4-3: Begriffserklärung zu Risikograph, [ISO 15998.2]

C	Schwere der Verletzung
C1	geringe Verletzung
C2	bleibende Verletzung bei einer oder mehreren Personen, Tod einer Person
C3	Tod mehrerer Personen
C4	Tod vieler Personen
F	Häufigkeit und/ oder Dauer der Gefährdungsexposition
F1	selten bis weniger häufig und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
F2	häufig bis dauernd und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang
P	Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
P1	möglich unter bestimmten Bedingungen
P2	kaum möglich
W	Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefährdungssituation
W1	sehr geringe Wahrscheinlichkeit, dass unerwartete Ereignisse eintreten
W2	geringe Wahrscheinlichkeit, dass unerwartete Ereignisse eintreten
W3	relativ hohe Wahrscheinlichkeit, dass unerwartete Ereignisse eintreten

Diese Art der Risikoeinschätzung kann auf sicherheitsbezogene Teile einer Steuerung aller Arten von Maschinen nach ISO 15998.2, allerdings nur elektrisch / elektronischer Herkunft angewendet werden.

Um bei dieser Art der Risikoeinschätzung auf aussagekräftige Ergebnisse zu gelangen, wird der sogenannte „Minimal erforderliche Risikominderungs-Faktor“ ermittelt. Dieser wird in den Stufen von a bis h beschrieben.

Durch Anwendung folgender Tabelle kann der „Minimal erforderliche Risikominderungs-Faktor“ in einen sogenannten „Safety Integrity Level (SIL)“ umgewandelt werden.

Ein SIL unterteilt sich in vier Stufen, wobei jede Stufe einem Bereich für die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Sicherheitsfunktion entspricht. Mit SIL 1 wird eine weitgehend sichere Stufe angenommen, wobei hingegen SIL 4 die höchste Stufe und somit ein extrem hohes Gefahrenpotential darstellt. Der SIL wird immer als eine Sicherheitsfunktion dargestellt und kann nicht auf ein System oder Teilsystem bezogen werden.

Über die Wertigkeit dieses SIL-Faktors kann der Bedarf nach Maßnahmen zur Risikominderungen bestimmt werden.

Tabelle 4-4: Umrechnungstabelle nach SIL, [ISO 15998.2]

Necessary minimum risk reduction (minimal erforderliche Risikominderung) nach ISO 15998.2	Safety Integrity Level SIL (Sicherheitsanforderungsstufe) nach IEC 61508-1
- - -	No safety requirements
a	No special safety requirements
b, c	1
d	2
e, f	3
g	4
h	An MCS is not sufficient

Durch die Umrechnung auf den SIL-Faktor kann nun entschieden werden, ob eine Risikominderung erforderlich ist bzw. ob die Gefährdung durch Anwenden der 3-Stufen-Risikominderung beseitigt oder dementsprechend reduziert werden kann (siehe hierzu Rubrik 4.3.4 Risikobewertung).

4.5.3 Risikograph nach DIN EN ISO 13849-1

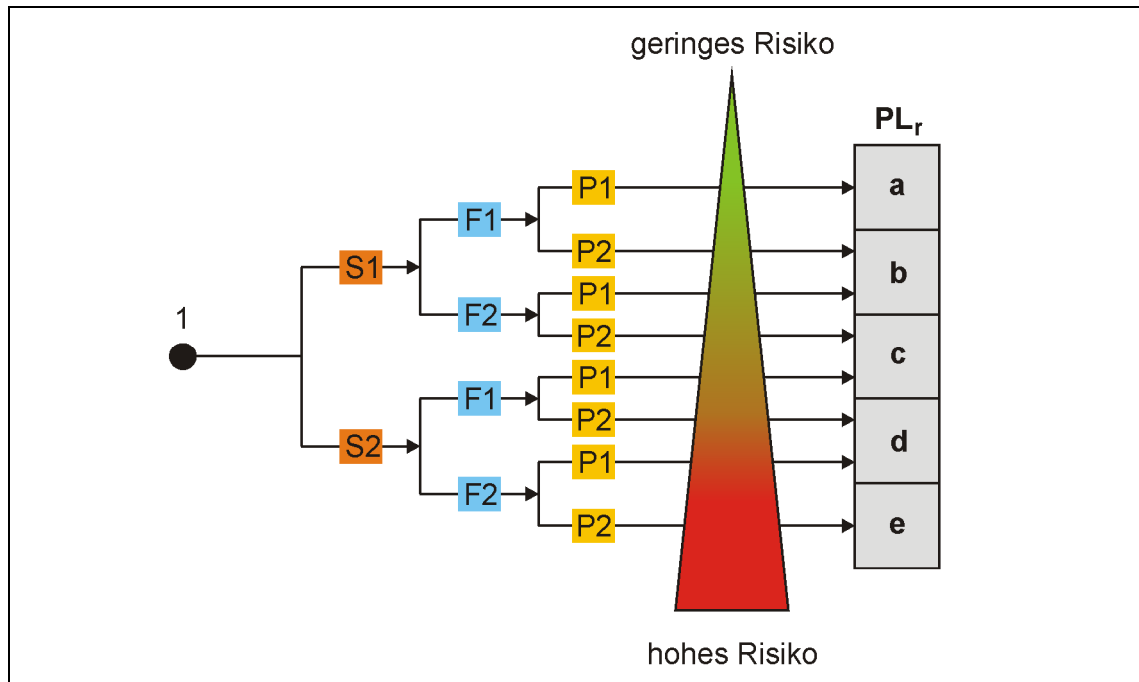


Abbildung 4-8: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 13849-1]

Tabelle 4-5: Begriffserklärung zu Risikograph, [DIN EN ISO 13849-1]

S	Schwere der Verletzung
S1	leichte Verletzung (reversible Verletzungen)
S2	schwere Verletzung (irreversible Verletzungen; Tod)
F	Häufigkeit und/ oder Dauer der Gefährdungsexposition
F1	selten bis weniger häufig und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
F2	häufig bis dauernd und/ oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang
P	Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
P1	möglich unter bestimmten Bedingungen
P2	kaum möglich

Diese Art der Risikoeinschätzung kann auf sicherheitsbezogene Teile einer Steuerung aller Arten von Maschinen, ungeachtet der verwendeten Technologie und Energieform (elektrisch, hydraulisch usw.) angewendet werden.

Um hierbei aussagekräftige Ergebnisse zu erlangen, wird der sogenannte „Performance Level (PL)“ ermittelt. Der PL charakterisiert die Fähigkeit sicherheitsbezogener Teile einer Steuerung, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen. Dieser wird in den Stufen von a bis e beschrieben. Der Performance Level beschreibt die sicherheitstechnische Leistungsfähigkeit einer Steuerung. Über die Wertigkeit dieses Performance Levels kann in der Form der Gegenrechnung des bestehenden Systems ein Vergleich herangezogen werden, ob das bestehende System sicherheitstechnisch den Vorgaben aus der Risikobeurteilung entspricht. Der erforderliche Performance Level ist somit, das Ergebnis der Risikobeurteilung hinsichtlich Anteils der Risikominderung durch sicherheitsbezogene Teile der Steuerung. Weiters kann natürlich auch ein sicherheitsrelevantes Steuerungssystem nach Vorgaben des Performance Levels bei der Konstruktion dementsprechend ausgelegt werden. Der erreichte Performance Level ist das Ergebnis der Ausbildung eines Steuerungssystems, welche Sicherheitsfunktionen zuverlässig ausführt.

In weiterer Folge kann durch Anwendung folgender Tabelle der Performance Level zum Zweck des Vergleichs nach Norm IEC 61508-1 in den „Safety Integrity Level (SIL)“ umgerechnet werden.

Tabelle 4-6: Umrechnungstabelle von PL nach SIL, [DIN EN ISO 13849-1]

Performance Level PL (Leistungsgrad) nach DIN EN ISO 13849-1	Safety Integrity Level SIL (Sicherheitsanforderungsstufe) nach IEC 61508-1
a	No special safety requirements
b, c	1
d	2
e	3

Der Performance Level „a“ hat hierbei keine Übereinstimmung mit der Safety Integrity Level-Skala und wird in der Regel verwendet, um das Risiko leichter, übli-

cherweise reversibler zu gestalten, sowie Verletzungen zu reduzieren. Die maximal erreichbare Stufe der Gefährdung ist Level „e“ und entspricht somit dem Safety Integrity Level „3“. Der SIL-Level 4, welcher möglichen katastrophalen Ereignissen in der Prozessindustrie zugeordnet ist, wird bei Maschinen (Baumaschinen) nicht angewandt.

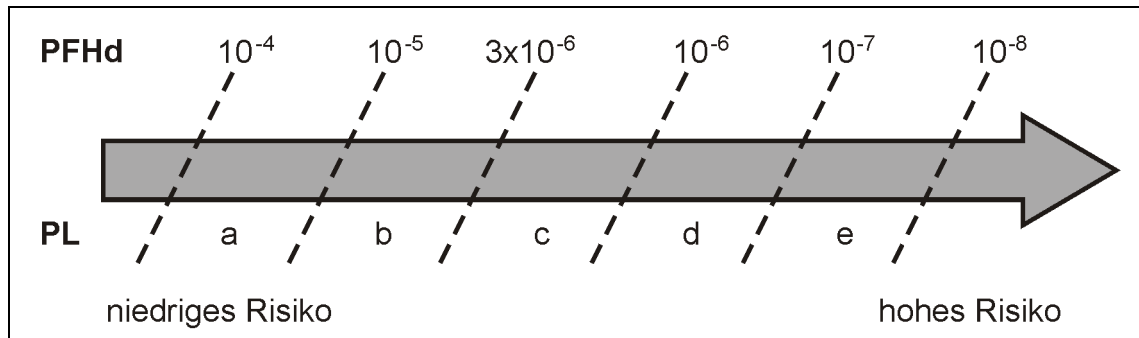


Abbildung 4-9: Durchschnittliche Ausfallwahrscheinlichkeit, [EATON2010]

Abbildung 4-9 zeigt den Zusammenhang zwischen Performance Level (PL) und der durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde (PFHd). Um den Performance Level in Zahlenwerten festzulegen wird der sogenannte „PFHd-Wert“ angegeben. Dieser Zahlenwert beschreibt die Sicherheitsintegrität jeder einzelnen Sicherheitsfunktion der Steuerung. Aus der Abbildung 4-9 ist abzulesen, dass beispielsweise eine Steuerungsarchitektur mit einem PL (e) eine ca. 10.000-mal (10^4) geringere Ausfallwahrscheinlichkeit besitzt als PL (a).

Der Performance Level ist somit nur eine vereinfachte Symbolik für die Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde.

4.6 Risikobewertung der Ergebnisse aus den Risikographen

Damit eine Baumaschine als sicher eingestuft werden kann, muss festgelegt werden, ob geeignete Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen. Die Notwendigkeit dieser, sowie der Umfang einer Risikominderung müssen mit Hilfe einer Risikobewertung bestimmt werden.

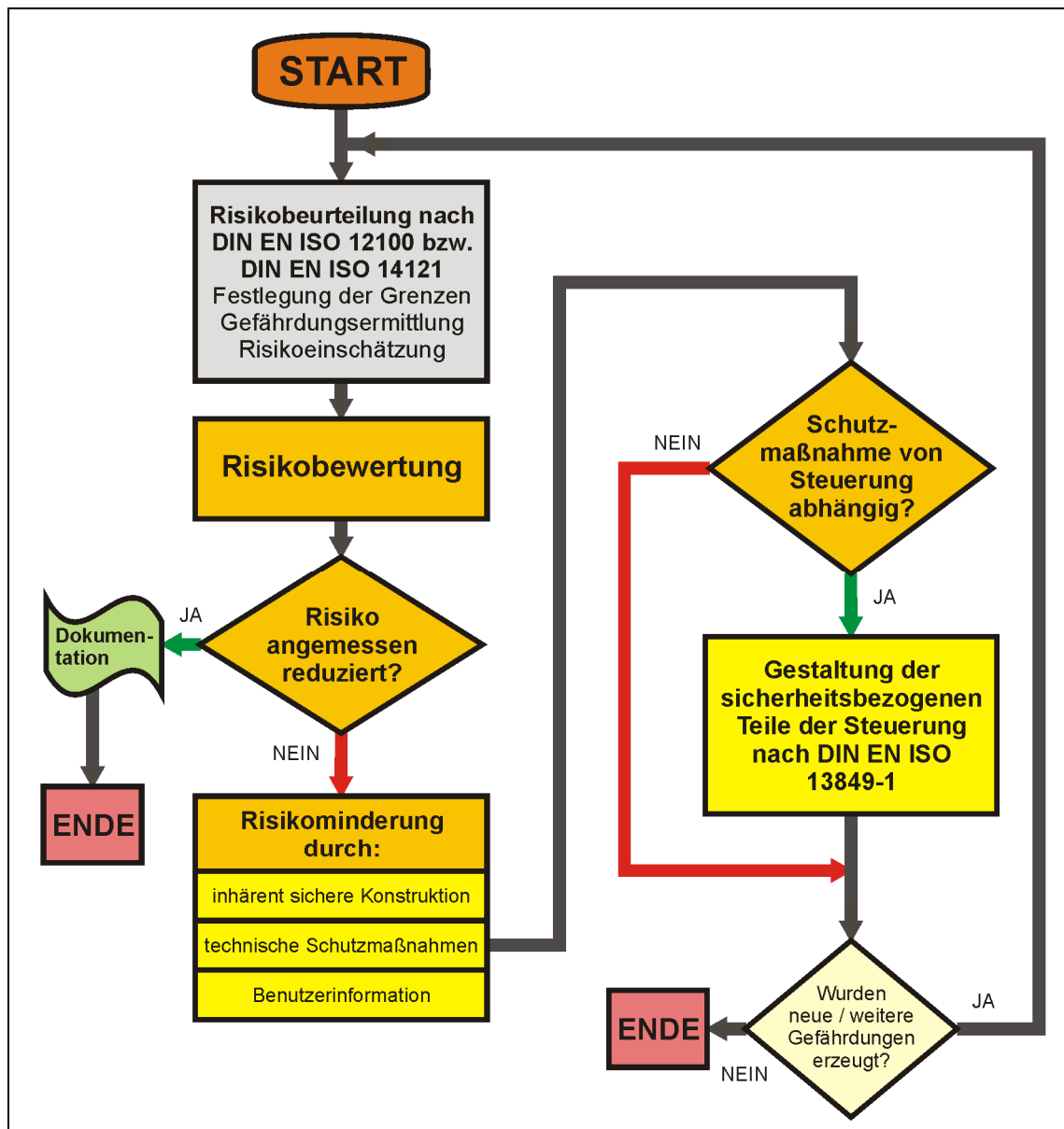


Abbildung 4-10: Ablauf der Risikobewertung, [EATON2010]

4.6.1 Vorgehensweise der Risikobewertung nach DIN EN ISO 14121-1

Tabelle 4-7: Risikoklassen nach DIN EN ISO 14121-1, [DIN EN ISO 14121-1]

Klasse	Risikoeinschätzung bezogen auf die betrachtete Gefährdung
1	geringes Risiko (Handlungsbedarf gering)
2	mittleres Risiko (Handlungsbedarf angezeigt)
3	hohes Risiko (Handlungsbedarf akut)

Im modifizierten Risikograph (siehe Rubrik 4.5.1 Risikograph nach DIN EN ISO 14121-1) werden die durch die Risikoeinschätzung erhaltenen Ergebnisse in drei Klassen gegliedert.

Die Klasse 1 kann bei Bedarf mit einer kurzen Benutzerinformation noch zusätzlich abgeschwächt werden, jedoch ab Klasse 2 müssen geeignete Schutzmaßnahmen in Betracht gezogen werden. Spätestens eine Einschätzung mit Ergebnis Klasse 3 stellt ein akutes Risiko dar und muss durch das „3-Stufen Risikominderungsverfahren“ (siehe Rubrik 5.2) abgeschwächt werden. Diese Ampel-Darstellung ermöglicht auf einfachste Art und Weise eine Entscheidungshilfe, ob eine Risikominderung erforderlich ist oder ob die betrachtete Gefährdung als Restrisiko tolerierbar angesehen wird.

Ob die jeweils getroffenen Maßnahmen auch ausreichend für die Risikominderung sind, liegt bei dieser Methode in der Betrachtungsweise des Konstrukteurs. Dieses Verfahren kann mathematisch nicht hinterlegt werden, da die Betrachtungen qualitative Abschätzungen sind, welche nach dem besten Wissen und Gewissen der betroffenen Personen (Kernteam) durchgeführt werden.

4.6.2 Vorgehensweise der Risikobewertung nach DIN EN ISO 13849-1

Soll eine erforderliche Risikominderung durch technische Schutzmaßnahmen realisiert werden, kann dies durch die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen eines Steuerungssystems mit Hilfe von Sicherheitsfunktionen realisiert werden. Nachdem die erforderliche Sicherheitsfunktion identifiziert ist, muss die Architektur der jeweiligen Steuerung auf die jeweiligen Anforderungen ausgelegt werden.

Hilfsmittel hierbei ist das 3 Schritte Verfahren zur Auslegung von Steuerungen.

4.6.2.1 Drei Schritte zur Auslegung von Steuerungen

Schritt 1: Entwurf einer Architektur

In der DIN EN ISO 13849-1 werden Architekturen bereits vorgegeben, nach denen die Struktur einer sicherheitsbezogenen Steuerung einzuordnen ist. Durch eine Kategorisierung werden die Anforderungen an die Systemarchitektur und deren Eigenschaft in 5 Kategorien (Kat. B bis Kat. 4) gegliedert:

Kategorie B (Basiskategorie)

Kat. B: geeignet für **PL a und b!**

Die verwendeten Teile der Steuerung entsprechen mindestens dem Stand der Technik, und müssen zumindest den erwartenden Einflüssen standhalten. Ein einzelner Fehler kann hierbei zu einem Ausfall des Systems führen.

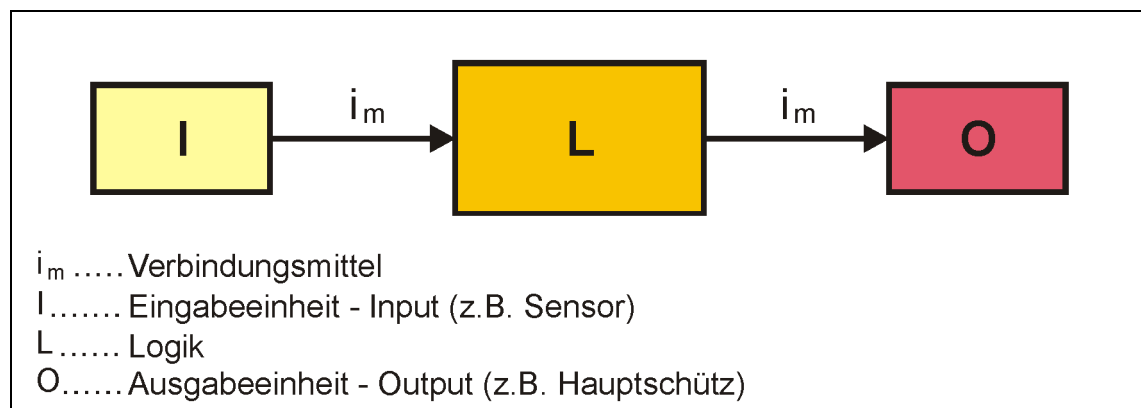


Abbildung 4-11: Struktur bei den Kategorien B und 1, [DIN EN ISO 13849-1]

Kategorie 1

Kat. 1: geeignet für **PL c!**

Hierbei wird die Steuerung mit bewährten Bauteilen und Prinzipien realisiert / konstruiert. Die Kategorie 1 hat dieselbe Struktur wie Kat. B (einkanalig), jedoch auf Grund der Auswahl bewährter Bauteile ist die Ausfallwahrscheinlichkeit geringer. Unter einem bewährten Sicherheitsprinzip sind beispielsweise Positionsschalter mit zwangsöffnendem Kontakt zu verstehen. [vgl. EATON2010]

Kategorie 2

Kat. 2: geeignet für **PL a bis d!**

Die jeweiligen Sicherheitsfunktionen der Bauteile einer Steuerung sind in geeigneten zeitlichen Abständen zu prüfen (z.B. bei Inbetriebnahme sowie in regelmäßigen Abständen). Die Testhäufigkeit muss jedoch hierbei sehr hoch sein. Die Prüfung darf automatisch oder manuell eingeleitet werden, ist jedoch bei jedem Anlauf, sowie vor dem Einleiten der Gefährdungssituation durchzuführen. Zwischen

den Prüfungen kann eine gefahrbringende Situation an der Maschine auftreten.
[vgl. EATON2010]

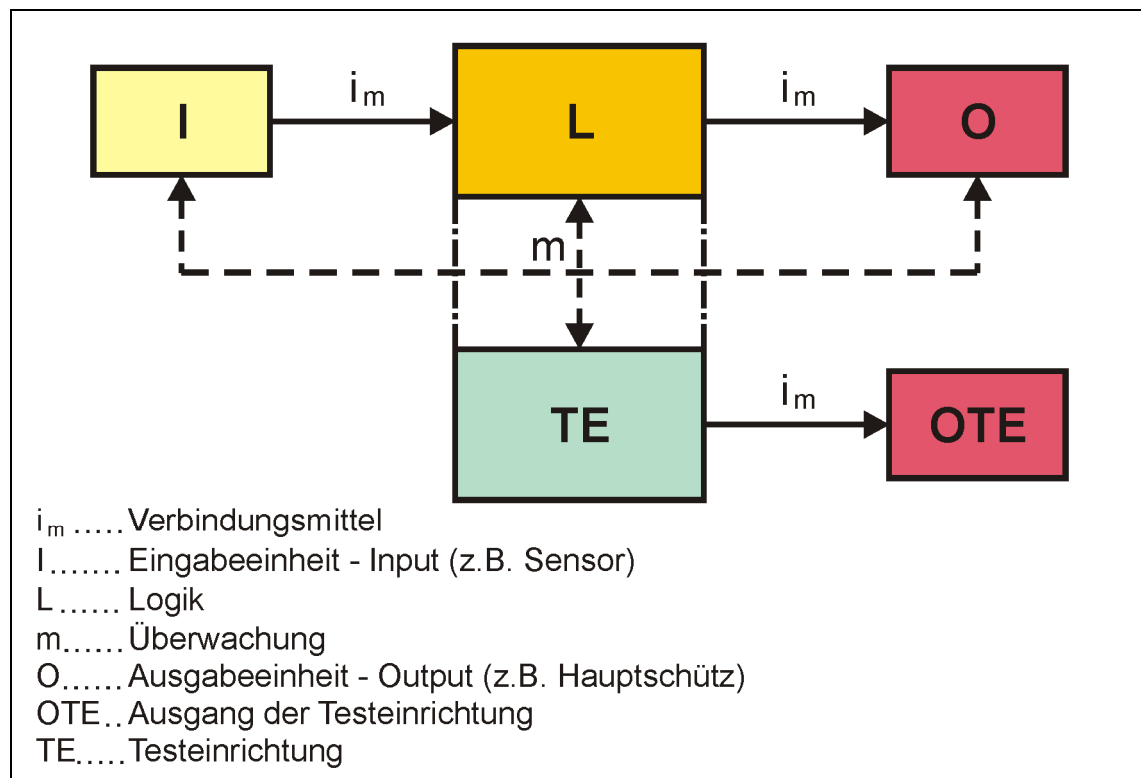


Abbildung 4-12: Struktur der Kategorie 2, [DIN EN ISO 13849-1]

Kategorie 3

Kat. 3: geeignet für **PL b bis d!**

Hierbei muss die Steuerung so gestaltet sein, dass ein einzelner Fehler in einem der Bauteile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt. Durch eine Anhäufung unentdeckter Fehler kann es zu einer gefahrbringenden Situation an der Maschine kommen, da hierbei nicht alle Fehler erkannt werden müssen, beispielsweise ein redundanter Schaltungsaufbau ohne Selbstüberwachung. In der Regel wird zur Erfüllung dieser Anforderung eine zweikanalige Architektur angewendet. Weiters zu beachten ist, dass Architekturen der Kategorie 3 in jedem Fall einen Diagnosedeckungsgrad (DC) von mindestens 60% besitzen müssen. [vgl. EATON2010]

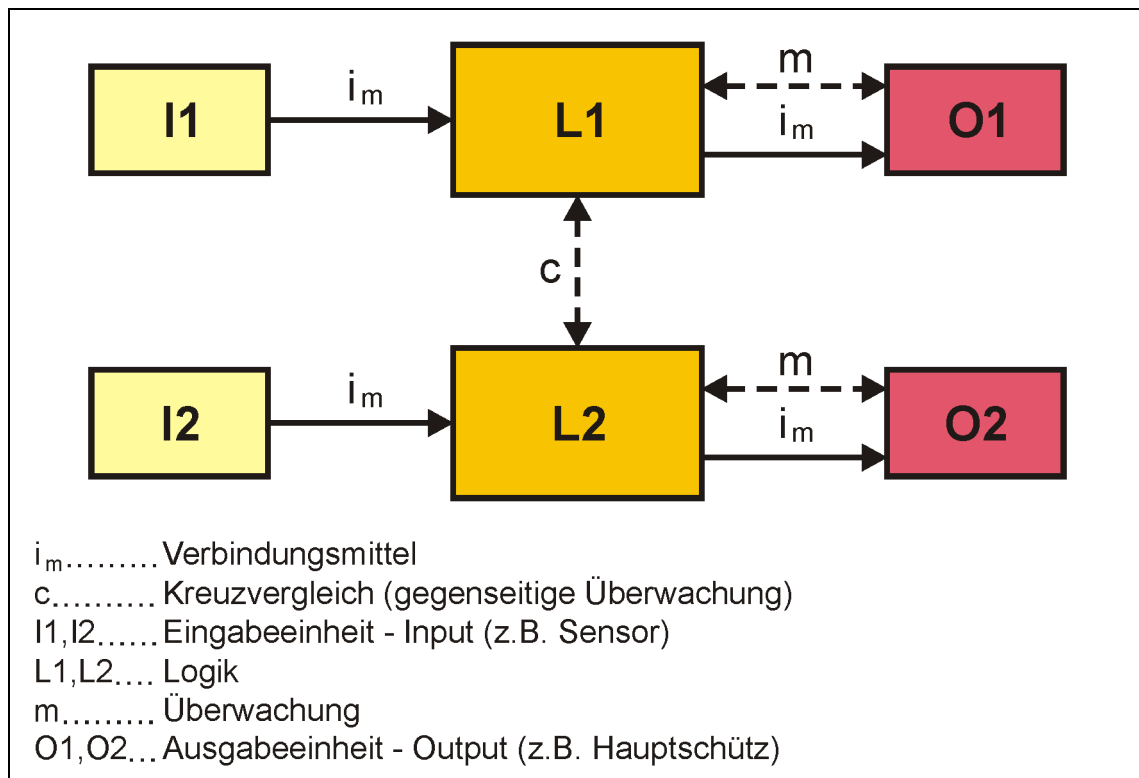


Abbildung 4-13: Struktur der Kategorien 3 und 4, [DIN EN ISO 13849-1]

Kategorie 4

Kat. 4: geeignet für PL e!

Die Steuerung ist im gleichen Umfang zu gestalten wie bei Kategorie 3, wobei jedoch ein Fehler sofort oder vor der nächsten potentiellen Gefährdung zu erkennen sein muss. Des Weiteren darf eine Anhäufung von Fehlern nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion und somit zu einem gefährlichen Ausfall führen. Der gravierende Unterschied zwischen Kategorie 3 und 4 liegt darin, dass bei Kat. 3 die meisten Fehler erkannt werden müssen und bei Kat. 4 dagegen alle Fehler! Erreicht wird dies durch Anhebung des Diagnosedeckungsgrades (DC), d.h. Kat.4 -> DC = mind. 99%. [vgl. EATON2010]

Der allgemeine Grundsatz für die Kategorisierung lautet nach [EATON2010]:

„Je mehr Risikoverminderungen von den sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung gefordert werden, desto höher muss die Widerstandsfähigkeit gegen Fehler sein!“

Zusammenfassung der Anforderungen für die Kategorisierung

Tabelle 4-8: Relevante Parameter für Kategorien, [EATON2010]

Kat.	Anforderungen Zusammenfassung	MTTF _d	DC	Common Cause
B	Übereinstimmung sicherheitsrelevanter Bauteile mit zutreffender Norm Bauteile müssen den zu erwartenden Einflüssen standhalten Anwendung grundlegender Sicherheitsprinzipien	niedrig bis mittel	keine	nicht relevant
1	Anforderungen der Kat. B Einsatz bewährter Bauteile Einsatz bewährter Sicherheitsprinzipien	hoch	keine	nicht relevant
2	Anforderungen der Kat. B Einsatz bewährter Sicherheitsprinzipien Testung der Sicherheitsfunktion in geeigneten Zeitabständen	niedrig bis hoch	niedrig bis mittel	mind. 65 Punkte
3	Anforderungen der Kat. B Einsatz bewährter Sicherheitsprinzipien Einzelner Fehler führt NICHT zum Verlust der Sicherheitsfunktion Einzelner Fehler muss in angemessener Weise erkannt werden.	niedrig bis hoch	niedrig bis mittel	mind. 65 Punkte
4	Anforderungen der Kat. B Einsatz bewährter Sicherheitsprinzipien Einzelner Fehler führt NICHT zum Verlust der Sicherheitsfunktion: - einzelner Fehler muss bei oder vor der nächsten Anforderung erkannt werden - Anhäufung von Fehlern darf nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen	hoch	hoch	mind. 65 Punkte

Schritt 2: Bestimmung der relevanten Steuerungsparameter

Ermittlung des $MTTF_d$ -Werts

Der $MTTF_d$ -Wert (Mean Time to Dangerous Failure) beschreibt den statistischen Mittelwert bis zum erwarteten Ausfall der jeweiligen Komponente der Steuerung. Die Zuverlässigkeit einer einzelnen Komponente in der Steuerung ist entscheidend für die Gesamtzuverlässigkeit des gesamten Steuerungssystems. Der Wert wird auch als Zuverlässigkeitskennwert bezeichnet, da die mittlere Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall immer Bauteildefekte beschreibt, welche im Fall eines Defekts zu einer Nichtausführung der Sicherheitsfunktion führen.

Jedes einzelne Bauteil der Steuerung (z.B. Transistor, Ventil, Schütz, usw.) sowie auch ein Block oder ein Kanal können $MTTF_d$ -Werte besitzen. Weiters zu berücksichtigen ist, dass der $MTTF_d$ -Wert nur eine statistische Größe (Kennzahl) ist, die nichts mit einer garantierten Lebensdauer bzw. ausfallfreien Zeit zu tun hat! Der Wert hat die physikalische Dimension einer Zeit und wird meist in Jahren angegeben. [vgl. FSVM2008]

Abschätzung des $MTTF_d$ -Werts

In erster Linie werden die Daten der jeweiligen Hersteller verwendet. Da jedoch die Praxis zeigt, dass momentan nur wenige Hersteller über solche Angaben verfügen, müssen die Werte meist selbst bestimmt bzw. berechnet werden. Die Berechnungen sind laut DIN EN ISO 13849-1 folgendermaßen durchzuführen:

Bestimmung des MTTF_d-Werts mittels B_{10d}-Wert

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0.1 * n_{op}}$$

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 3600s / h}{t_{Zyklus}}$$

B_{10d}: Anzahl von Schaltzyklen bis 10% der Komponenten gefährlich ausgefallen sind [Zyklen], wenn keine Herstellerangaben vorhanden sind, können die Kennwerte aus der Norm DIN EN ISO 13849-1 Anhang C aus Tabelle C.1 verwendet werden

n_{op}: mittlere Anzahl jährlicher Betätigungen [Zyklen/Jahr]

d_{op}: mittlere Betriebszeit in Tagen je Jahr [Tage/Jahr]

h_{op}: mittlere Betriebszeit in Stunden je Tag [Stunden/Tag]

t_{Zyklus}: mittlere Zeit zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgenden Zyklen des Bauteils in Sekunden je Zyklus [Sekunden/Zyklus]

Die Gesamt-MTTF_d einer sicherheitsrelevanten Steuerung basiert auf der Zusammenfassung des MTTF_d aller an der Steuerung beteiligten Bauteile.

Berechnung Gesamt-MTTF_d-Wert für einkanalige Steuerungen

$$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d1}} + \frac{1}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{dn}}}$$

Berechnung Gesamt-MTTF_d-Wert für zweikanalige Steuerungen

$$MTTF_d = \frac{2}{3} \left[MTTF_{dC1} + MTTF_{dC2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{dC1}} + \frac{1}{MTTF_{dC2}}} \right]$$

Klasseneinteilung des MTTF_d-Werts

Anschließend wird das Ergebnis der Berechnung durch eine MTTF_d-Stufe klassifiziert.

Tabelle 4-9: MTTF_d-Wert Klassifizierung, [DIN EN ISO 13849-1]

MTTF _d -Stufe	Wertebereich
niedrig	3 Jahre ≤ MTTF _d < 10 Jahre
mittel	10 Jahre ≤ MTTF _d < 30 Jahre
hoch	30 Jahre ≤ MTTF _d ≤ 100 Jahre

Ermittlung des DC-Werts

Der Diagnosedeckungsgrad (DC – Diagnostic Coverage) umfasst die Fähigkeit, Fehler zu entdecken und ist ein Maß für die Wirksamkeit der Selbsttest- und Überwachungsmaßnahmen in einer Steuerung. Der DC-Wert kann durch Maßnahmen in der Eingabeeinheit (Input), Logik oder Ausgabeeinheit (Output) bestimmt werden.

Klasseneinteilung des DC-Wertes

Tabelle 4-10: DC-Wert Klassifizierung, [DIN EN ISO 13849-1]

DC-Stufe	Wertebereich
kein	DC < 60%
niedrig	60% ≤ DC < 90%
mittel	90% ≤ DC < 99%
hoch	99% ≤ DC

Hinweis: Bei Steuerungsarchitektur der Kat. B und Kat. 1 ist kein DC-Wert erforderlich.

Der DC-Wert kann durch folgende Methoden ermittelt werden:

- Abschätzung durch den Konstrukteur (Hilfsmittel hierbei ist die Norm DIN EN ISO 13849-1, Anhang E, Tabelle E.1)
- FMEA (Fehlermöglichkeiten- und Effektanalyse)
- Bildung eines Durchschnittswertes für Steuerungen mit mehreren Bauteilen (DC_{avg})

Berechnung Mittlerer Diagnosedeckungsgrad DC_{avg}

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{d1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{DC_N}{MTTF_{dN}}}{\frac{1}{MTTF_{d1}} + \frac{1}{MTTF_{d2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{dN}}}$$

Hier sind alle Bauteile der sicherheitsrelevanten Steuerung ohne Fehlerausschluss zu berücksichtigen und aufzusummieren. Hierbei werden für jeden Block die $MTTF_d$ - und der DC-Wert berücksichtigt. Bauteile ohne Ausfallerkennung (z.B. die nicht getestet werden) haben einen $DC=0$ und tragen nur zum Nenner des DC_{avg} bei.

Ermittlung des CCF-Werts

Der Ausfall aufgrund gemeinsamer Ursachen wird als CCF (Common Cause Failure) bezeichnet. Der CCF-Wert beschreibt die Ausfälle verschiedener Einheiten aufgrund eines einzelnen Ereignisses, wobei diese Ausfälle nicht auf gegenseitige Ursachen beruhen (z.B. Kurzschluss). Naturgemäß treten diese nur bei redundanten Systemen auf, welche durch Kat. 2, Kat. 3 und Kat.4 repräsentiert werden.

Beispiele für Ursachen können z.B. Übertemperatur, starke elektromagnetische Einflüsse, fehlerhaftes Schaltungsdesign, Programmierfehler bei identischer Software in beiden Kanälen usw. sein.

Es ist die Aufgabe der Konstruktion, die nachfolgende Checkliste zu bewerten. Es muss nachgewiesen werden, dass die Punktezahl von 65 erreicht wird! Ansonsten

ist das Verfahren gescheitert und es sind zusätzliche Maßnahmen zu treffen (Hilfsmittel hierbei Norm DIN EN ISO 13849-1, S.72, Tabelle F.1).

Tabelle 4-11: Checkliste zur Festlegung des CCF-Werts, [DIN EN ISO 13849-1]

Nr.	Maßnahmen gegen CCF	Punktezahl	Erreichte Punktzahl
1	Trennung/Abtrennung		
	Physikalische Trennung zwischen den Signalfaden - Trennung der Verbindung/Verrohrung, - ausreichende Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen.	15	
2	Diversität		
	Unterschiedliche Technologien/Gestaltung oder physikalische Prinzipien werden verwendet z.B.: - der erste Kanal in programmierbarer Elektronik und der zweite Kanal fest verdrahtet, - Art der Initiierung, - Druck und Temperatur, Messung von Entfernung und Druck, - digital und analog, - Bauteile von unterschiedlichen Herstellern.	20	
3	Entwurf/Anwendung/Erfahrung		
3.1	Schutz gegen Überspannung, Überdruck, Überstrom usw.	15	
3.2	Verwendung bewährter Bauteile.	5	
4	Beurteilung/Analyse		
	Sind die Ergebnisse einer Ausfallart und Effektanalyse berücksichtigt worden, um Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache in der Entwicklung zu vermeiden?	5	
5	Kompetenz/Ausbildung		
	Sind Konstrukteure/Monteure geschult worden, um die Gründe und Auswirkungen von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursachen zu erkennen?	5	
6	Umgebung		
6.1	Schutz vor Verunreinigungen und elektromagnetischer Beeinflussung (EMC) gegen CCF in Übereinstimmung mit den angemessenen Normen. Fluidische Systeme: Filtrierung des Druckmediums, Verhinderung von Schmutzeintrag, Entwässerung von Druckluft, z.B. in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Herstellers für die Reinheit des Druckmediums. Elektrische Systeme: Wurde das System hinsichtlich elektromagnetischer Immunität geprüft, z.B. wie in zutreffenden Normen gegen CCF festgelegt? Bei kombinierten fluidischen und elektrischen Systemen sollten beide Aspekte berücksichtigt werden.	25	
6.2	Andere Einflüsse Wurden alle Anforderungen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegenüber allen relevanten Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Schock, Vibration, Feuchte, (z.B. wie in den zutreffenden Normen festgelegt) berücksichtigt?	10	
	Gesamtpunkte [max. erreichbar]	100	

Berechnung des Performance Levels (PL) der Steuerungsarchitektur

Der Performance Level (PL) der gewählten Architektur kann nun durch Anwendung der relevanten errechneten Parameter bestimmt werden.

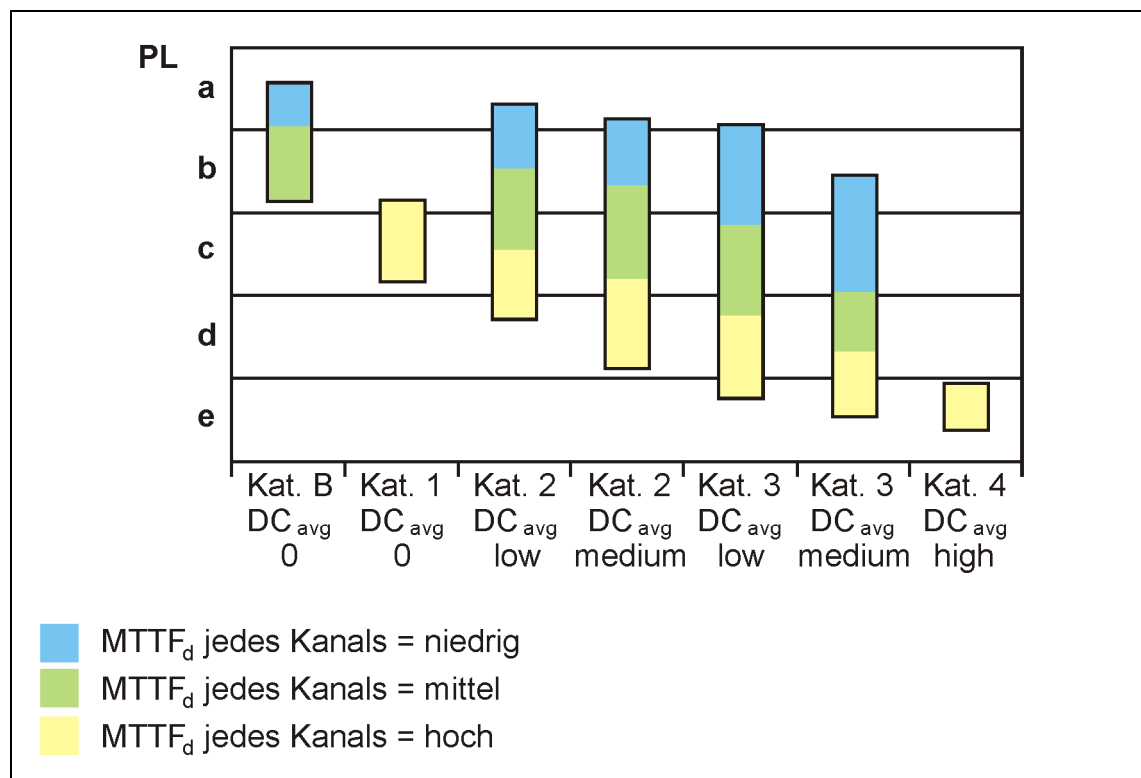


Abbildung 4-14: Ermittlung des PL mittels Graphen, [DIN EN ISO 13849-1]

In Abbildung 4-14 werden die Zusammenhänge der einzelnen Parameter anschaulich dargestellt. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung des PL ist das Auslesen aus der PL-Tabelle:

Tabelle 4-12: Bewertung mittels Performance Level-Tabelle, [DIN EN ISO 13849-1]

Kategorie		B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}		kein	kein	niedrig	mittel	niedrig	mittel	hoch
$MTTF_d$	niedrig	a	---	a	b	b	c	---
	mittel	b	---	b	c	c	d	---
	hoch	---	c	c	d	d	d	e

Schritt 3: Verifikation der ermittelten Parameter

Nach der Ermittlung des Performance Levels der sicherheitsrelevanten Steuerung muss dieser mit dem geforderten Performance Level (PL_r) aus der Risikoeinschätzung verglichen werden.

$$PL \geq PL_r$$

Entspricht der Vergleich $PL \geq PL_r$, ist die Schutzmaßnahme durch Anwendung der Steuerung ausreichend, um eine Risikominderung zu ermöglichen.

Fällt jedoch der Vergleich kleiner aus ($PL < PL_r$), ist der iterative Entwurfsprozess der Architektur erneut zu durchlaufen.

Validierung der Sicherheitsfunktion

„Die Validierung ist eine abschließende Bestätigung, dass die Anforderungen für die geforderte Risikominderungsmaßnahme durch den Einsatz der gewählten Sicherheitsfunktionen erfüllt worden sind.“ [EATON2010]

In einem Validierungsplan werden abschließend alle Anforderungen und Aufgaben zur Realisierung der Schutzfunktion festgelegt. Vorgaben zum Validierungsplan sind der DIN EN ISO 13849-2 zu entnehmen.

5 Risikominderung

5.1 Grundlagen

Um ein Beseitigen bzw. ein Vermindern des Risikos zu erreichen, müssen dementsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Grundlage hierfür ist das „3-Stufen Verfahren“ zur Risikominderung nach DIN EN ISO 12100-1. Zu beachten sind die Schutzziele des Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG sowie der jeweilige Stand der Technik.

5.2 Drei Stufen Verfahren

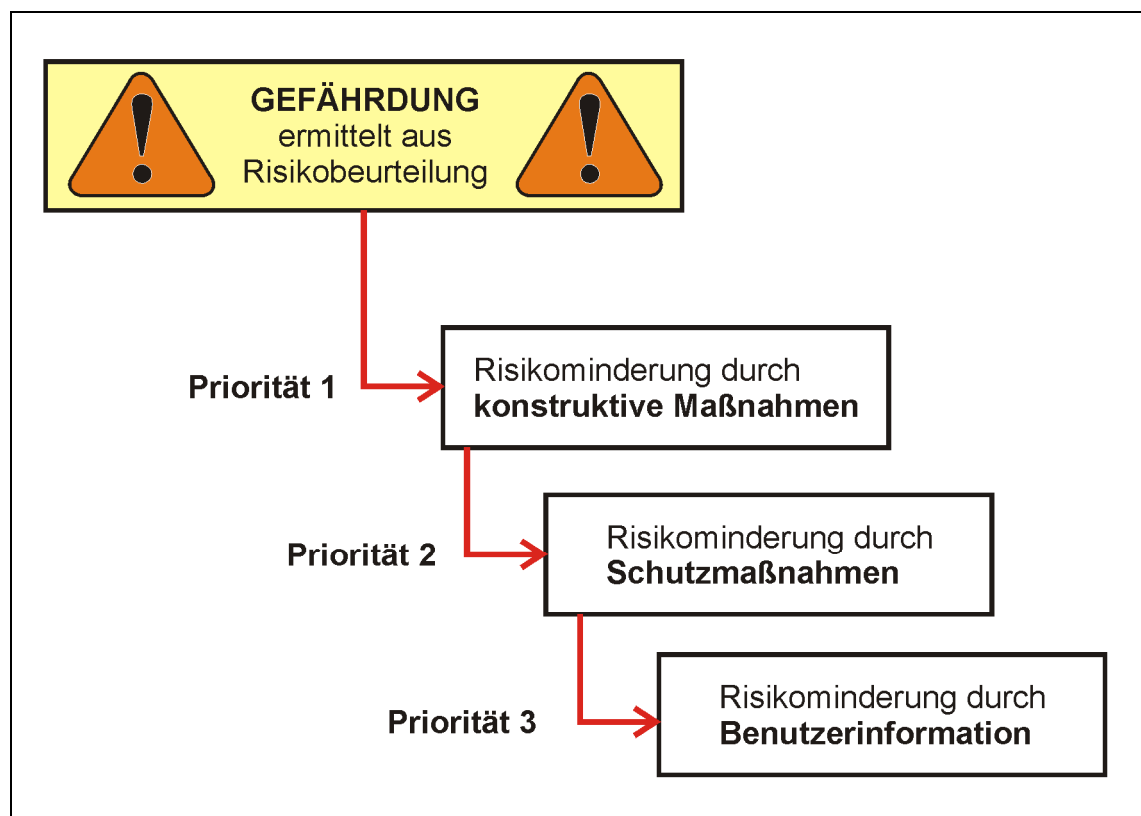


Abbildung 5-1: Vorgehen bei 3-Stufen Risikominderung, [DIN EN ISO 12100-1]

Die drei Stufen der Risikominderung lauten:

- inhärent sichere Konstruktion
- technische Schutzmaßnahmen und ergänzte Schutzmaßnahmen
- Benutzerinformationen

5.2.1 Inhärent sichere Konstruktion

Hierbei werden durch Eingriff in den Konstruktionsprozess Gefährdungen beseitigt bzw. vermindert. Durch die Auswahl von Konstruktionsmerkmalen der Maschine bzw. der Wechselwirkung zwischen den gefährdeten Personen und der Maschine können die damit verbundenen Risiken vermieden bzw. beseitigt werden.

Achtung: Diese Form der Risikominderung ist die einzige Möglichkeit, Gefährdungen komplett zu beseitigen! Daher muss diese Art der Risikominderung immer vorrangig betrachtet werden. Mit dieser Methode erübrigt sich die Notwendigkeit für technische- oder ergänzende Schutzmaßnahmen sowie ergänzende Benutzerinformationen.

Die Erfahrung zeigt, dass selbst gut konzipierte technische Schutzmaßnahmen versagen oder umgangen werden können und dass die Benutzerinformation eventuell nicht befolgt wird. [vgl. DIN EN ISO 12100-1]

5.2.2 Technische Schutzmaßnahmen und ergänzte Schutzmaßnahmen

Sobald eine Gefährdung durch eine inhärent sichere Konstruktion nicht beseitigt werden kann, wird versucht, die anstehende Gefahr durch Wahl von geeigneten Schutzmaßnahmen zu mindern. Berücksichtigt werden hierbei erneut die bestimmungsgemäße Verwendung und vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendungen. Angemessene Schutzmaßnahmen verringern die Möglichkeit, dass sich das Bedienpersonal dazu verleiten lässt, im Fall einer technischen Schwierigkeit gefährliche Situationen einzugehen. [vgl. DIN EN ISO 12100-1]

5.2.3 Benutzerinformationen

Die letzte Möglichkeit eine Gefährdung zu mindern ist die Bekanntmachung von bestehenden Gefahrenpotentialen an den jeweiligen Betreiber mittels Benutzerinformationen.

Die Benutzerinformation muss nach DIN EN ISO 12100-1 folgende Punkte beinhalten, darf sich jedoch nicht darauf beschränken:

- Arbeitsverfahren, die beim Einsatz der Maschine anzuwenden sind und den erwarteten Fähigkeiten des Bedienpersonals und weiterer Personen entsprechen, die den von der Maschine ausgehenden Gefährdungen ausgesetzt sein können
- die empfohlenen Verfahren für ein sicheres Arbeiten mit der Maschine und die entsprechenden Ausbildungsanforderungen, jeweils in angemessener Form beschrieben
- ausreichend Angaben, einschließlich Warnhinweise, über Restrisiken der verschiedenen Lebensphasen der Maschine
- die Beschreibung jeder empfohlenen persönlichen Schutzausrüstung, einschließlich Einzelheiten zu deren Benutzung sowie der dafür erforderlichen Ausbildung

Eine Benutzerinformation darf kein Ersatz für eine inhärent sichere Konstruktion bzw. das Anbringen von Schutzeinrichtungen sein. Aus Kostengründen darf nicht auf eine inhärent sichere Konstruktionsmethode zu Gunsten organisatorischer Maßnahmen verzichtet werden.

Nach der Durchführung der Risikominderung durch das 3-Stufen-Verfahren muss in jedem Fall erneut der Prozess der Risikobeurteilung durchgeführt werden, da möglicherweise neue bzw. daraus resultierende Gefährdungen aufgetreten sind.

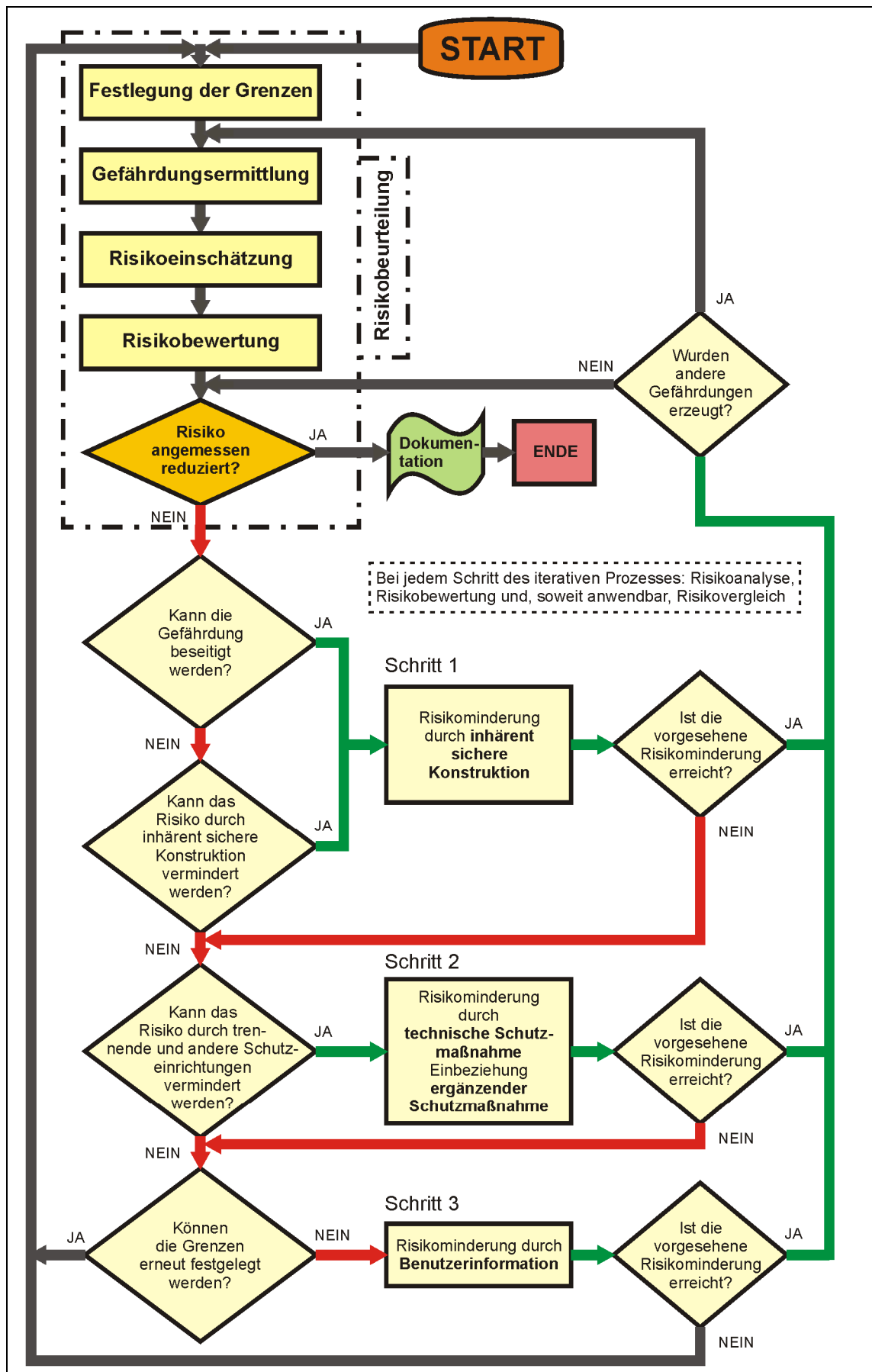


Abbildung 5-2: Schematische Darstellung der Risikominderung, [DIN EN ISO 12100-1]

6 Dokumentation

6.1 Vorgabe

Die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG enthält keine Anforderung bezüglich einer Veröffentlichung der Dokumentation einer Risikobeurteilung. Allerdings enthält die Maschinenrichtlinie sehr wohl Anforderungen an die technische Dokumentation. Hierbei wurde Folgendes festgelegt:

„Die technische Dokumentation nach Anhang VII der 2006/42/EG muss beim Hersteller oder seinem in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten mindestens 10 Jahre verfügbar sein und neben den Gesamt- und Detailplänen der Maschine und ihrer Steuerkreise eine Liste der bei der Konstruktion berücksichtigten grundlegenden Anforderungen der Richtlinie, der berücksichtigten Normen und die Beschreibung der Lösungen, die zur Verhütung der von der Maschine ausgehenden Gefährdungen gewählt wurden, sowie Prüfberichte beinhalten.“
[EMRL2006]

„Der Hersteller ist dabei verpflichtet, eine Risikobeurteilung vorzunehmen, um alle mit seiner Maschine verbundenen Gefährdungen zu ermitteln. Wenn für die Konstruktion die auf diese Maschine zutreffende harmonisierte Sicherheits-Produktnorm zugrunde gelegt wird, braucht er die Risikobeurteilung nur noch für die signifikanten Gefährdungen vorzunehmen, die in der Norm ggf. nicht behandelt sind. Für die der Norm entsprechenden Gefährdungen und Maßnahmen dürften Vermerke in der Norm selbst für die technische Dokumentation genügen.“
[EMRL2006]

Somit wird festgelegt, dass die Dokumentation zur durchgeführten Risikobeurteilung bzw. die Schritte der Risikominderung gewissenhaft dokumentiert werden müssen und mindestens zehn Jahre zur Einsicht archiviert sind.

Um die Konformitätserklärung einer Maschine auszustellen muss der Hersteller eine Dokumentation der Gefahren / Risiken und der jeweils getroffenen Gegenmaßnahmen mit Prüfergebnissen erstellen. Weiters ist darin festgelegt, dass diese

Dokumentation nicht für den Endkunden bestimmt ist, sondern gegebenenfalls an eine „zuständige Stelle“ auf „begründetes Verlangen“ ausgehändigt werden muss.

6.2 Was beinhaltet eine vollständige Dokumentation?

Die vollständige Dokumentation muss folgende Daten nach [DIN EN ISO 12100-1] beinhalten:

- Festlegung der Grenzen der Maschine, welche beurteilt wurden (z.B. Grenzen, Spezifikationen, Verwendungsbereiche usw.)
- Maßnahmen gegen vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung
- Annahmen, welche im Laufe der Risikobeurteilung getroffen wurden (Festigkeiten, Qualität, Sicherheitsbeiwerte)
- Detaillierte Auflistung der identifizierten Gefährdungen bzw. Gefährdungssituationen, sowie hierzu die Einschätzung und Auswertung der Risikobewertung
- Auflistung der angewandten Sicherheitsfunktionen, sowie Grenzen der Sicherheitsfunktionen
- Begleitende Dokumente auf denen die Risikobeurteilung beruht
 - verwendete Quellen und Dokumente (z.B. Erfahrungswerte, Unfallrückmeldungen, Erfahrungen mit vergleichbaren Maschinen usw.)
 - die damit verbundene Unsicherheit und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung
- Auflistung der getroffenen Schutzmaßnahmen, welche relevant für die Beseitigung identifizierter Gefährdungen bzw. die erreichte Risikominderung sind, hierbei sollte der Verweis auf die angewandten Normen und Spezifikationen enthalten sein
- Schutzmaßnahmen im Allgemeinen, welche die Risikominderungsziele ermöglichen
- Restrisiken, welche mit der Maschine verbunden sind
- Ergebnisse der Risikobeurteilung
- Alle angewandten und begleitenden Formulare, auf denen die Risikobeurteilung aufbaut

7 Umsetzung der Risikobeurteilung im LWT

7.1 Ausgangssituation

Im Liebherr Werk Telfs (LWT) wurden bereits im Jahre 2001 Risikobewertungen nach der Vorgehensweise der ISO 15998.2 durchgeführt. Bewertet wurden hierbei jeweils die elektronische Steuerung der Raupen sowie der Teleskoplader.

Auf Grund der Beschränkung der ISO 15998.2 auf funktional elektrische Bauteile ist diese Norm – nach dem aktuellsten Stand der Normung – nur bedingt geeignet, um Steuerungssysteme von Baumaschinen einer Risikobeurteilung zu unterziehen. Die Steuerung von Baumaschinen beinhaltet das Zusammenspiel von elektrischen- mit hydraulischen Bauteilen.

In einer Besprechung am 08.10.2010 bei der Liebherr Kirchdorf GmbH wurde im Beisein der Vertreter aus den jeweiligen Werken vereinbart, dass die bisherigen Risikobeurteilungen nach ISO 15998.2 sehr wohl Gültigkeit besitzen, jedoch zukünftig die Vorgehensweise der Beurteilung nach DIN EN ISO 13849-1 vorzuziehen ist.

Ein Wunsch der Baumaschinen-Hersteller wäre, dass in den harmonisierten Normen, wie beispielsweise der DIN EN 474 für Raupen sowie der DIN EN 1459 für den Teleskoplader, bereits Performance Levels (PL) für die jeweiligen signifikanten Gefährdungen einheitlich definiert sind. Somit könnten diese direkt – ohne vorhergehende Risikobeurteilung – in der Konstruktionsphase berücksichtigt werden. Eine Festlegung der kategorisierten Schutzanforderungen sind beispielsweise in der DIN EN 280 im Anhang A1 (Fahrbare Hubarbeitsbühnen) bereits realisiert.

7.2 Konzept für LWT

Ein Konzept zur Vorgehensweise bei Risikobeurteilungen im Liebherr Werk Telfs wird erstellt. Wichtig hierbei sind die Einhaltung der geltenden Richtlinien und Normen sowie der Nachweis zur Erfüllung der Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für die Herstellung einer „sicheren Maschine“.

7.2.1 Festlegung der anzuwendenden Normen der Risikobeurteilung

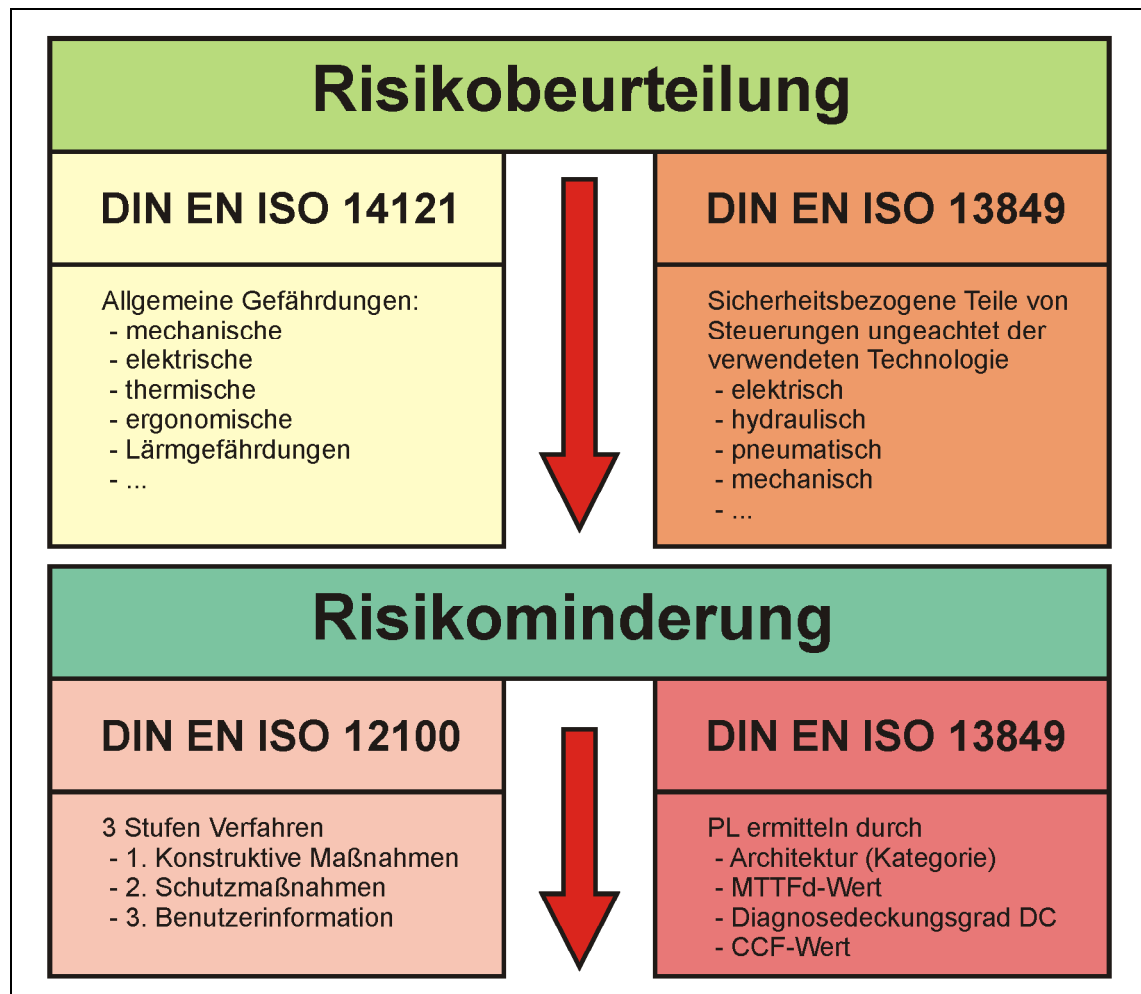


Abbildung 7-1: Angewendete Normen nach Art der Gefährdung

Anfangs wird die Art der zu betrachtenden Gefährdungsquelle analysiert. Im Falle von nicht steuerungsbedingten Gefährdungen wird prinzipiell die Risikobeurteilung nach der Vorgehensweise der Norm DIN EN ISO 14121-1 durchgeführt. Hierbei werden vorwiegend allgemeine Gefährdungen der Maschine beurteilt. Gemeint sind hierbei Bauteile, Funktionen, Anwendungen, welche in ihrer Funktion nicht steuerungsbedingt ablaufen. Der modifizierte Risikograph nach DIN EN ISO 14121-1 ist somit als Hilfsmittel anzuwenden. Die sich hieraus ergebenden Risikoklassen (1-3) bestimmen den jeweiligen Grad der Gefährdung. Die ermittelten Klassen dienen anschließend als Parameter für die Risikominderung in der Konstruktionsphase. Eine detaillierte Beschreibung des Risikographen siehe Rubrik „4.5.1 Risikograph nach DIN EN ISO 14121-1“.

Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungssystemen hingegen werden nach Vorgehensweise der DIN EN ISO 13849-1 beurteilt. Die dadurch ermittelten Perfor-

mance Level (PL) der Sicherheitsfunktionen dienen als Vorlage bei der Auslegung (Architektur) des Steuerungssystems. Je nach Grad der ermittelten Gefährdung (PL a bis e) muss das Steuerungssystem nach den Vorgaben der DIN EN ISO 13849-1 gestaltet werden.

Um den Performance Level (PL) eines bereits bestehenden Steuerungssystems zu bestimmen, ist ebenfalls die Vorgehensweise nach DIN EN ISO 13849-1 anzuwenden. Eine detaillierte Beschreibung des Risikographen siehe Rubrik „4.5.3 Risikograph nach DIN EN ISO 13849-1“.

Maßnahmen der Risikominderung werden grundsätzlich nach Vorgabe der Norm DIN EN ISO 12100-1 schrittweise mit Hilfe des „3 Stufen-Verfahrens“ durchgeführt. Bei der funktionalbedingten Risikominderung (steuerungstechnischer Systeme) wird die Auslegung der Steuerung nach Vorgaben der Norm DIN EN ISO 13849-1 angewendet.

7.2.2 Ablauf einer Risikobeurteilung

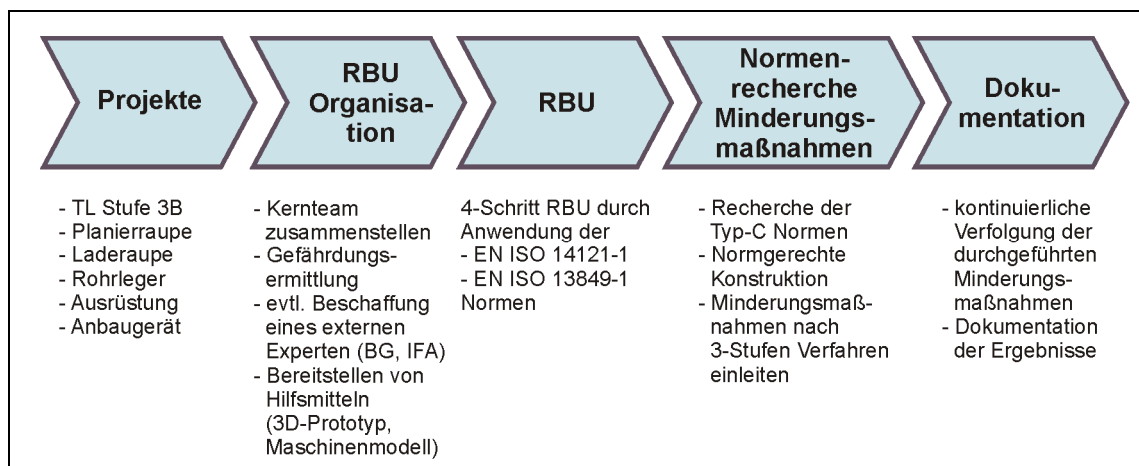


Abbildung 7-2: Ablauf einer Risikobeurteilung im LWT

Auf Grund des komplexen Umfangs der Risikobeurteilung (RBU) muss ein Projektverantwortlicher benannt werden. Dieser Verantwortliche organisiert, verfolgt und leitet die Schritte der Risikobeurteilung von der Vorbereitung der Risikobeurteilung bis hin zur Umsetzung an der fertigen Maschine. Die einzelnen Schritte und Erkenntnisse werden vom Projektverantwortlichen kontinuierlich dokumentiert und abschließend in einer Arbeitsmappe zusammengefasst.

Folgende Schritte sind beim Projekt vorgegeben:

7.2.2.1 Abstimmung bezüglich Auslegung und Umsetzung

Der Projektverantwortliche legt in Zusammenarbeit mit der Konstruktion die Grenzen der jeweiligen Maschine fest. Das heißt, dass die Maschine anfangs in Teile, Abläufe sowie Funktionen unterteilt wird. Schrittweise werden die einzelnen Bereiche der Maschine einer Risikobeurteilung unterzogen. Eine Maschine kann keinesfalls als Ganzes beurteilt werden. Weiters informiert die Konstruktion den Projektverantwortlichen permanent über den Bedarf von Beurteilungen von relevanten Abläufen oder Funktionen, welche sich im Laufe der Planungsphase ergeben.

7.2.2.2 Recherche des zu betrachtenden Bereichs der Maschine

Anfangs befasst sich der Projektverantwortliche mit allen zur Verfügung stehenden Unterlagen, Informationen sowie Abläufen des zu betrachtenden Bereiches der Maschine. Anschließend wird versucht, signifikante Gefährdungen des zu betrachtenden Bereichs zu ermitteln. Als Vorlage hierfür dienen die harmonisierten Normen sowie Unfallberichte oder Erfahrungswerte, welche gesammelt und für die Risikobeurteilung vorab verarbeitet werden müssen. Sollten bereits Konstruktionsdaten des zu betrachtenden Bereiches verfügbar sein, werden diese in Zuge der Risikobeurteilung als Hilfsmittel dem Kernteam bereitgestellt.

7.2.2.3 Zusammenstellung eines Kernteams

Die Risikobeurteilung wird durch ein Team aus mehreren Experten der unterschiedlichen Bereiche durchgeführt. Wichtig für die Beurteilung ist die Betrachtung der Gefahren aus der Sicht mehrerer Phasen des Maschinen-Lebenszyklus. Das bedeutet, dass Erfahrungswerte der Technik, Fertigung, Montage, Vertrieb, Kundendienst usw. in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden müssen. Deshalb ist es notwendig, das Risikobeurteilungsteam aus Experten der jeweiligen Bereiche zu bilden. Einzige Einschränkung hierbei: Die Anzahl der Teilnehmer sollte den Umfang nicht sprengen, damit der Ablauf überschaubar bleibt. Es hat sich in der Praxis bereits gezeigt, dass die Produktivität der Gruppe durch zu viele Teilnehmer und dadurch entstehende Diskussionen abnimmt. Vorgabe hierfür sind 5 bis maximal 10 Teilnehmer.

7.2.2.4 Durchführung der Risikobeurteilung

Das Risikobeurteilungsteam führt zusammen mit dem Projektverantwortlichen die Risikobeurteilung objektiv durch und betrachtet hierbei alle mögliche Szenarien bzw. alle signifikanten Gefährdungen im Lebenszyklus der Maschine. Je nach Art der vorliegenden Gefährdung wird diese nach den Methoden aus den Normen DIN EN ISO 14121-1 bzw. DIN EN ISO 13849-1 bewertet. Hierbei ist die genaue Dokumentation des Projektverantwortlichen wichtig, damit im Nachhinein die Ergebnisse nachgewiesen werden können. Der Projektverantwortliche übernimmt somit die Rolle des Moderators und gleichzeitig jene des Schriftführers. Sollten bei der Bewertung Unstimmigkeiten entstehen, muss das betroffene Thema vorerst diskutiert und die Bewertung nach Ansicht der Mehrheit an Meinungen vorgenommen werden.

7.2.2.5 Risikominderungsmaßnahmen einleiten

Im Anschluss zur Risikobeurteilung prüft der Projektverantwortliche, ob die ausgelegte Konstruktion bereits normgerecht (Typ-C Norm) ausgelegt wurde bzw. ob Ergänzungen an der Struktur vorgenommen werden müssen. Anschließend werden der zuständigen Konstruktionsgruppe die Ergebnisse der Risikobeurteilung mitgeteilt und gleichzeitig entschieden, welche Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden können. Sollte eine Risikominderung seitens der Konstruktion nicht möglich sein, werden entweder das Grundkonzept überdacht bzw. alternative Risikominderungsmaßnahmen, wie beispielsweise ergänzende Schutzmaßnahmen oder Benutzerinformationen angewandt. Nach der Durchführung einer Risikominderung seitens der Konstruktion muss der Projektverantwortliche über die Ergebnisse informiert werden. Anschließend wird dieser Prozess erneut einer Nachbeurteilung unterzogen und geprüft, ob diese Minderungsmaßnahmen auch den gewünschten Erfolg gebracht haben bzw. dadurch neue Gefährdungen entstanden sind.

7.2.2.6 Dokumentation

Der Projektverantwortliche dokumentiert alle Schritte der Risikobeurteilung, sowie Maßnahmen einer erforderlichen Risikominderung und informiert die beteiligten Personen des Kernteams und die Verantwortlichen der jeweiligen Abteilungen be-

züglich Veränderungen bzw. Verbesserungen. Diese Dokumentation umfasst eine Arbeitsmappe, in welcher der gesamte Ablauf der Risikobeurteilung enthalten ist.

Die Dokumentation muss im Zuge des Risikobeurteilungsprozesses laufend archiviert werden. Hierzu erstellt der Projektverantwortliche meist wöchentlich Protokolle mit dem aktuellsten Stand der Ergebnisse. In den Protokollen werden nur relevante Parameter beschrieben, Detailinformationen der Beurteilung werden hierbei nicht dargestellt. D.h. es sind im Protokoll nur Gefährdungen, die hierzu ermittelten Stufen (Performance Level, Ampel-Level) und die Risikominderungsmaßnahmen beschrieben. Das Risikobeurteilungsdokument wird nicht archiviert sondern vom Projektverantwortlichen lokal abgelegt.

Die einzelnen Protokolle der Zusammentreffen werden zentral im LIDA (Liebherr Dokument Archivsystem) abgelegt. Die Zugriffsrechte sind auf wenige Personen des Unternehmens beschränkt, damit eine Weitergabe von relevanten Daten verhindert wird.

7.3 Zielsetzung

Unfallstatistiken zeigen immer wieder, dass vorhandene Gefahren an einer Maschine früher oder später zu Schäden führen, wenn vorbeugend keine Schutzmaßnahmen bestimmt und umgesetzt wurden. Unter Schutzmaßnahmen versteht man hierbei Maßnahmen, welche vom Konstrukteur bestimmt und dem jeweiligen Bediener angewendet werden müssen. Natürlich sind getroffene Schutzmaßnahmen in der Konstruktionsphase wirksamer als Schutzmaßnahmen, welche durch das bedingte spätere Handeln des Betreibers vorgegeben werden. Das erklärte Ziel ist es, die Baumaschine vorausschauend so zu konstruieren, dass bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine im Laufe deren Lebenszyklus keine Verletzungen oder Gesundheitsschäden verursacht werden können. Um die Maschine sicher zu gestalten, muss diese nach den Erkenntnissen der durchgeführten Risikobeurteilungen gebaut werden. Vorhandene Restrisiken, welche nicht beseitigt werden können, müssen durch Benutzerinformationen wie beispielsweise der Betriebsanleitung oder Schildern dem jeweiligen Bediener verständlich gemacht werden.

8 Pilotprojekt Risikobeurteilung TL Stufe 3B

8.1 Analyse der Ausgangssituation

Der Liebherr-Teleskoplader der Stufe 3A wird seit mittlerweile vier Jahren im Liebherr Werk Telfs produziert. Bereits in der Planungsphase der Maschine müssen die elektrischen sowie hydraulischen Komponenten der Maschine nach sicherheitstechnischen Vorgaben ausgelegt werden. Zum damaligen Zeitpunkt der Entwicklungsphase (2001) wurde eine Risikobewertung nach ISO/ CD 15998 (entspricht IEC 61508, Teil 5, Anhang D) durchgeführt. Dadurch wurden die möglichen Gefährdungen, die beim Ausfall der elektronischen Steuerung oder Teilen der Steuerung auftreten, sowohl für den Maschinenführer als auch für die Personen, die sich im Gefahrenbereich aufhalten können, eingehend diskutiert und ein Safety-Integrity-Level (SIL) nach dem Risikographen (VDE 0801, Teil 5) ermittelt. Dabei war grundsätzlich von einem Fehler der Elektronik ohne Berücksichtigung eventuell bereits vorgesehener Sicherheitsmaßnahmen in der elektronischen Steuerung (z.B. Redundanz) auszugehen. Aufgrund der so entwickelten Safety-Integrity-Levels (SIL) wurden die notwendigen konstruktiven Maßnahmen zum sicheren Betrieb der Elektronik realisiert. Somit wurde der Teleskoplader der Stufe 3A nach Erkenntnissen der Risikobewertung geplant und schließlich auch produziert.

Auf Grund von permanenten Änderungen bedingt durch neue Technologien, die Weiterentwicklung der Maschine sowie Erfahrungen im Feld mit den Maschinen der Stufe 3A wird nun die neue Baureihe der Stufe 3B eingeleitet, in der mehrere Verbesserungen und technologisch bedingte Änderungen realisiert werden.

8.2 Planung des Vorgehens

Aufbauend auf die Auslegungen der Stufe 3A werden nun in der Planungsphase der Stufe 3B Maschinen erneut Risikobeurteilungen an der Maschine durchgeführt und im weiteren Verlauf bei der Planung und Auslegung der Maschine berücksichtigt.

Hierzu wurde nach dem heutigen Stand der Technik festgelegt, dass die Risikobeurteilung für die Maschinensteuerung nicht wie bisher nach ISO/ CD 15998 vorgenommen wird, sondern die Vorgehensweise nach DIN EN ISO 13849-1 anzuwenden ist. Die Unterschiede sowie Vorteile der Norm sind unter Rubrik „4.4.4 Norm DIN EN ISO 13849-1“ beschrieben. Um allgemeine Gefährdungen der Maschine zu ermitteln wird erstmals die Vorgehensweise nach DIN EN ISO 14121-1 angewandt. In beiden Fällen wird das Konzept der 4 Schritt Risikobeurteilung durchgeführt.

8.2.1 Anwendung der 4 Schritte Risikobeurteilung

Um eine Beurteilung durchführen zu können, muss hierzu ein Team aus Experten bereitstehen. Im ersten Schritt wurden Teilnehmer aus den verschiedenen Bereichen zur Beurteilung eingeladen.

Beispielsweise wurden zur Risikobeurteilung „Sicherheitsrelevante Steuerung des Teleskopladern“ zehn Teilnehmer aus folgenden Abteilungen eingeladen:

- Konstruktion
- Kundendienst
- Qualitätsmanagement
- Technische Dokumentation
- Technischer Versuch
- Vertrieb

Da dies die erste Veranstaltung im Liebherr Werk Telfs war, bei der die Beurteilung nach Vorgabe der Norm DIN EN ISO 13849-1 bzw. DIN EN ISO 14121-1 durchgeführt werden sollte, wurde entschieden beide Male einen externen Spezialisten der Berufsgenossenschaft Bau (BG-Bau) einzuladen. Dieser Experte sollte uns bei der Durchführung tatkräftig unterstützen und in der Rolle des Moderators durch die Beurteilung führen. Des Weiteren erhielten die Teilnehmer bereits im Vorfeld eine umfangreiche Einführung und waren zu Beginn der Beurteilung bereits über den Ablauf und den Zweck dieser Veranstaltung informiert worden.

8.2.1.1 Festlegen der Grenzen

Als erster Schritt der Risikobeurteilung muss der Kernbereich klar definiert werden. Hierzu werden beispielsweise folgende Grenzen der Maschine festgelegt:

Tabelle 8-1: Festlegung der Grenzen der Maschine

1.	Grenzen der Maschine, bestimmungsgemäße Verwendung		Verweis auf zusätzliche Dokumente
1.1.	Erlaubte Verwendung	Teleskoplader Stufe 3B	
1.2.	Einschränkungen, Grenzen der erlaubten Verwendung	Steuerung der Maschine (Fahr- und Arbeitsfunktionen)	
1.3.	Vorhersehbarer Fehlgebrauch/Missbrauch	Kein Fehlgebrauch vorhersehbar	
1.4.	Zeitliche Grenzen - (Grenzen der Lebensdauer) Empfohlene Wartungsintervalle	Gesamter Lebenszyklus der Maschine wird betrachtet Wartung gemäß Wartungs- und Inspektionsplan	
2.	Umfeld der Nutzung		
	privat	Maschinen aufgrund der Größe vom Hersteller nicht zur privaten Nutzung vorgesehen.	
	gewerblich	Ja	
3.	Nutzergruppen	Aufgabe	Qualifikation
	Fachpersonal		≥ 18 Jahre, geistige und körperliche Eignung, Schulung und Unterweisung
	Laien		Nutzung der Maschine für Laien nicht vorgesehen
	Auszubildende		≥ 18 Jahre, geistige und körperliche Eignung, Schulung und Unterweisung
	Nur bei privater Nutzung:		
	Kinder (Altersgruppe angeben)	<input type="checkbox"/> Alter ab	Jahre
	ältere Menschen	<input type="checkbox"/>	
	Behinderte	<input type="checkbox"/> Art der Behinderung(en)	
4.	Materialien		
4.1.	gefährliche Hilfs- und Betriebsstoffe	Dieselmotoren; Öle; Schmier- schutzstoffe; Korrosionsmittel; Batteriesäure; Teleskopwachs;	
4.2.	gefährliche in der Maschine verbaute Werkstoffe	Keine bekannt	
4.3.	gefährliche von der Maschine verarbeitete Materialien	Keine bekannt	

Nach der Auslegung der Grenzen der Maschine kann nun die Risikobeurteilung unter Einbeziehung der Grenzen fortgesetzt werden.

8.2.1.2 Gefährdungsermittlung

Im nächsten Schritt wird vom Beurteilungs-Team festgelegt, welche relevanten Gefährdungen der Maschine nun betrachtet werden. Hierfür wird die Maschine in weitere Bereiche (bei DIN EN ISO 13849-1 – sicherheitsrelevante Funktionen) zerlegt.

Gefährdungsermittlung nach DIN EN ISO 13849-1

Nach DIN EN ISO 13849-1 werden nur Steuerungen und keine allgemeinen Gefährdungen beurteilt, deshalb liegt die Festlegung der relevanten Gefährdungen beim Ermessen des Kernteams.

Als relevante Sicherheits-Funktionen wurden zur Beurteilungen folgende Bereiche gewählt:

- 1. Fahrbewegung**
- 2. Bremsen**
- 3. Lenken**
- 4. Arbeitsbewegungen**

Im nächsten Schritt werden die ermittelten Bereiche weiter in Teilfunktionen zerlegt, bei denen ein Fehler oder eine Fehlanwendung zu einer möglichen Gefährdung führen könnte.

Info: Eine genaue Auflistung der betrachteten Sicherheitsfunktionen zur Risikobeurteilung sind im Anhang Teil 2 für die DIN EN ISO 13849-1 zu finden.

Gefährdungsermittlung nach DIN EN ISO 14121-1

Bei der DIN EN ISO 14121-1 werden die harmonisierten Normen als Vorgabe zur Gefährdungsermittlung verwendet. Als Beispiele für Gefährdungen wurden die Auflistungen der Normen DIN EN ISO 12100 Tabelle B.1 sowie DIN EN ISO 14121 Tabelle A.1 für die Beurteilung angewandt.

Info: Eine genaue Auflistung der betrachteten Gefährdungen zur Risikobeurteilung sind im Anhang Teil 1 für die DIN EN ISO 14121-1 zu finden.

Nach Festlegung der relevanten Gefährdungen wurde die Risikoeinschätzung durchgeführt.

8.2.1.3 Risikoeinschätzung

Bei diesem Schritt wird ein systematisches Verfahren angewandt, wodurch die relevanten Gefährdungen klassifiziert, also einer definierten Kategorie zugeordnet werden. Die beiden wichtigsten Faktoren für die Einschätzung sind Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit. Beispielsweise: Gefährdung durch ungewolltes Absenken der Last; Schadensausmaß = tödliche Verletzung; Eintrittswahrscheinlichkeit = gering da nur selten der Gefahrenbereich betreten wird

Wichtig: Die Risikoeinschätzung betrachtet die Maschine ohne bereits getroffene Sicherheitsfunktionen.

Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1

Der durch die Risikoeinschätzung ermittelte Grad der Gefährdung wird in Form eines geforderten Integritätslevels angegeben, dem sogenannten „required Performance Level (PLr)“.

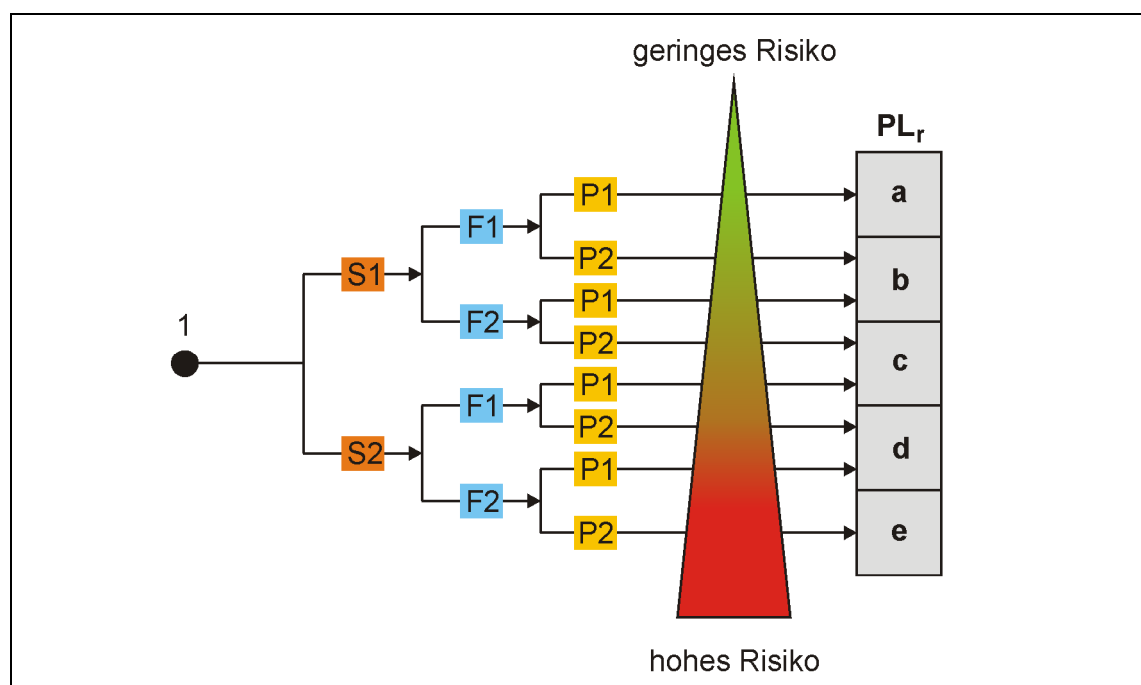


Abbildung 8-1: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 13849-1]

Schlussendlich können durch das Anwenden des Risikographen die erforderlichen Performance Level ermittelt werden.

Weiters werden unabhängig voneinander zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen herangezogen. Im ersten Fall wird aus der Sicht des Maschinenführers beurteilt. Im zweiten Schritt werden speziell Gefährdungen für Personen, welche sich im Gefahrenbereich aufhalten, in der Bewertung berücksichtigt.

Dieses Verfahren der Gefährdungsermittlung ist mathematisch nicht exakt, sondern nur eine objektiv qualitative Abschätzung, welche mit verhältnismäßig geringem Aufwand meist ausreichend genaue Ergebnisse erbringt.

Die jeweils ermittelten Performance Levels sind im Anhang Teil 2 für DIN EN ISO 13849-1 zu finden.

Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 14121-1

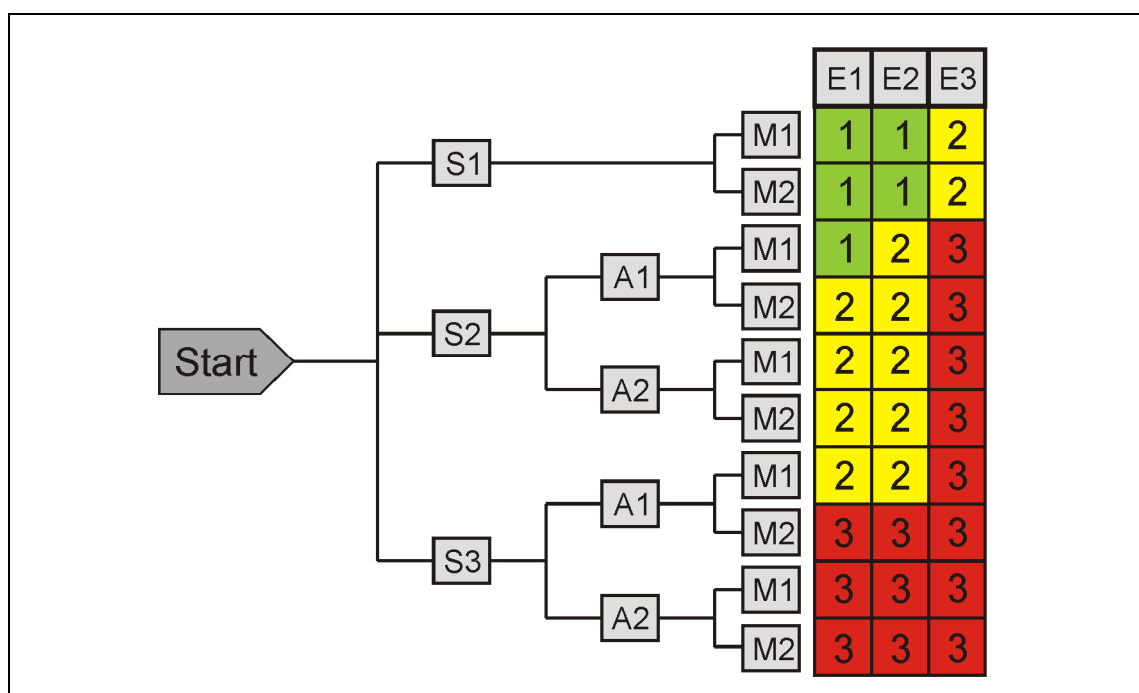


Abbildung 8-2: Risikograph zur Risikoeinschätzung, [DIN EN ISO 14121-1]

Durch Anwenden des Risikographen kann eine Einschätzung erfolgen. Durch die vereinfachte „Ampeldarstellung“ mit den drei Farben kann auf einfachste Art und Weise eine Kategorisierung erreicht werden.

Die jeweils ermittelten Kategorien sind im Anhang Teil 3 für die DIN EN ISO 14121-1 zu finden.

8.2.1.4 Risikobewertung

Beim letzten Schritt muss nun festgestellt werden, ob die Gefährdung durch Risikominderungsmaßnahmen beseitigt oder abgeschwächt werden muss bzw. die Gefährdung als nicht sicherheitsrelevant angesehen werden kann.

Bei der DIN EN ISO 13849-1 muss verglichen werden, ob der ermittelte Performance Level der Risikobeurteilung dem zu erwartenden Performance Level der Steuerung entspricht, oder ob folglich Risikominderungsmaßnahmen erforderlich sind.

Ermittelte Performance Level der sicherheitsrelevanten Funktionen nach DIN EN ISO 13849-1

Tabelle 8-2: Ergebnisse der Risikobeurteilung „funktionale Steuerung“

Betrachtete Gefährdung	Performance Level (PL)
1. Fahrbewegung	
1.1: Maschine steht, ungewolltes Losfahren	b (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
1.2: Falsche Bewegungsrichtung nach erfolgter Fahrtrichtungsvorwahl (Vorwärts und Rückwärts)	b (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
1.3: Fehlerhafte Beschleunigung der Maschine	d (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
1.4: Fehlerhaftes Verzögern der Maschine	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
1.5: Fehlerhaftes Verzögern mit angehobener Last an der Kippgrenze der Maschine	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
1.6: Ungewolltes Reversieren, Fahrtrichtungswechsel während der Fahrt	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
2. Bremsen	
2.1: Maschine in Fahrt, gewolltes Bremsen, Maschine führt keine Bremswirkung aus	d (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
2.2: Ausfall der Parkbremse, Maschine wird abgestellt, Fahrer verlässt Maschine, Maschine beginnt sich unkontrolliert zu bewegen	a (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
2.3: Bremse löst sich nicht, Fahren aus Gefahrenbereich nicht möglich Beispiel für Gefahrenbereich: Stromleitung, Bahnübergang	c (Maschinenführer) a (Personen im Gefahrenbereich)

Betrachtete Gefährdung	Performance Level (PL)
3. Lenken	
3.1: Lenkbewegung wird nicht ausgeführt, im Fahrbetrieb	d (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
3.2: Lenkbewegung erfolgt ungewollt, im Fahrbetrieb	d (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
3.3: Lenkbewegung erfolgt umgekehrt, im Fahrbetrieb unerwartetes Fehlenlenken	d (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
3.4: Lenkbewegung erfolgt bei angehobener Last, im Fahrbetrieb, seitliches Kippen der Maschine	e (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4. Arbeitsbewegungen	
4.1: Heben des Teleskopauslegers, Maschine befindet sich in Schräglage, Lastschwerpunkt somit verlagert, Maschine kippt seitlich um	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4.2: Heben des Teleskopauslegers, Gefahr durch herabfallende Gegenstände	e (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.3: Senken des Teleskopauslegers, Umkippen der Maschine nach vorne durch Last	b (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4.4: Heben bzw. Senken des Teleskopauslegers, Quetschgefahr durch Teleskop bzw. Last	a (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.5: Ungewolltes Abwerfen / Auskippen der Last, - Last wird unkontrolliert abgeworfen - Last fällt nicht auf Kabine (behandelt in 4.2)	c (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.6: Ein- Ausfahren des Teleskops - Kippgefahr - Quetschgefahr - beabsichtigtes bzw. unbeabsichtigtes Handeln	c (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.7: Funktion Parallelführung (Heben / Senken umgelegt auf Ein- / Auskippen) - Funktion ist nicht gegeben - Last wird abgeworfen - Last fällt nicht auf Kabine (behandelt in 4.2)	b (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.8: Schnellwechsler, ungewolltes Öffnen / Schließen des Schnellwechslers, unsachgemäße Verriegelung des Anbaugerätes	e (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)
4.9: Abstützungen, Einfahren der Abstützungen im Hebebetrieb, Kippgefahr der Maschine	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4.10: Abstützungen, unbeabsichtigtes Ausfahren der Abstützung im Fahrbetrieb, Absenkung erfolgt gedrosselt und somit überschaubar	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4.11: Niveaueausgleich und Hinterachspendelblockierung - Versagen der Funktion/en im Hebebetrieb (zu beachten wie 4.1)	c (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)

Betrachtete Gefährdung	Performance Level (PL)
4.12: Seitenverschub - Gefahr durch Quetschen	a (Maschinenführer) c (Personen im Gefahrenbereich)
4.13: Arbeitskreis 1/2 sowie Option Heckhydraulik - ungewolltes Aktivieren der Funktion (z.B. Seilwinde, Ballenklammer) - falsches Anschließen der Hydraulikanschlüsse zum Anbaugerät	b (Maschinenführer) d (Personen im Gefahrenbereich)

Bei der DIN EN ISO 14121-1 werden bereits bei der Risikobeurteilung die möglichen Risikominderungsmaßnahmen angeführt und durch eine Umsetzung dieser das jeweilige Risiko neu bewertet (in einer Schleife). Dies geschieht solange, bis die Gefährdung beseitigt oder in ihrem Ausmaß soweit abgeschwächt ist, dass das entstandene Restrisiko als tolerierbar anzusehen ist. Anschließend müssen die zuständigen Personen mit den Risikominderungsmaßnahmen vertraut gemacht und die Umsetzung dieser Maßnahmen dokumentiert werden.

Ergebnisse der Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 14121-1 können noch nicht vorgelegt werden, da die Durchführung der Beurteilung vor Fertigstellung der Arbeit noch nicht beendet ist.

8.3 Umsetzung der Ergebnisse aus der Risikobeurteilung

8.3.1 Funktionale Sicherheit nach DIN EN ISO 13849-1

Die nun ermittelten Performance Level aus der Risikobeurteilung werden bei der Auslegung der Steuerung des Teleskopladern Stufe 3B berücksichtigt. Die Ergebnisse wurden an die Abteilung technischer Versuch übergeben. Die weitere Vorgehensweise ist wie folgt festgelegt:

1. Lastenheft zur Realisierung der Steuerung wird vom technischen Versuch erstellt
2. Lieferant muss intern bewerten, ob die geforderten Funktionen der Steuerung realisierbar sind
3. Hersteller erstellt Pflichtenheft in dem die Umsetzung und mögliche Abweichungen beschrieben sind

4. Entscheid von LWT in wie weit mögliche Abweichungen tolerierbar sind
5. Lieferant realisiert die funktionale Steuerung der Maschine anhand der vorgegebenen Performance Levels und der Nachweis bezüglich Einhaltung der Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen ist durch Umsetzung des Lastenheftes somit erfüllt

Der Liebherr Teleskoplader besitzt keine zentrale Steuerung und kann somit in Teile einer Steuerung untergliedert werden. Die Funktionsblöcke der Steuerung umfassen folgende Bereiche:

- Dieselmotor
- Fahrhydraulik
- Arbeitshydraulik
- Lüftersteuerung
- Display
- Bedienhebel
- Bedienhebel Hubarbeitsbühne
- Hubarbeitsbühnensteuerung

Für jede sicherheitsrelevante Funktion der Steuerung muss der Lieferant den sicheren Zustand gewährleisten. Er muss weiters nachweisen, durch welche Maßnahmen der geforderte Performance Level der jeweiligen Funktion sichergestellt wird. Entscheidend hierbei ist des Weiteren die Kommunikation der jeweiligen Teilfunktionen miteinander.

Zusammengefasst: Die Ergebnisse der Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 13849-1 sind entscheidend für die Erstellung des Lastenheftes. Das Lastenheft enthält alle, an eine zu entwickelnde Steuerung relevanten Anforderungen sowie Zielvorgaben im organisatorischen, umweltbezogenen sowie technischen und funktionalen Bereich. Die Einhaltung dieser Vorgaben muss anschließend normgerecht nachgewiesen werden.

Mit der Umsetzung der Anforderungen des Pflichtenheftes ist der Hersteller momentan bemüht, die Ergebnisse sind jedoch noch ausständig.

8.3.2 Allgemeine Gefährdungen nach DIN EN ISO 14121-1

Die Durchführung der Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 14121-1 wird zum momentanen Zeitpunkt in LWT durchgeführt. Durch die Vielfalt der zu betrachtenden Bereiche sowie der Gefährdungen werden wöchentlich Risikobeurteilungen in Teilabschnitten durchgeführt. Um diesen Vorgang zu beschleunigen bzw. eine Überschneidung mit den Ergebnissen der anderen Werken zu vermeiden werden Beurteilungen von Bauteilen, Funktionen oder Abläufen, welche bei Maschinen der anderen Werke gleich oder ähnlich sind, sinngemäß auf die Werke aufgeteilt.

Der erste Prototyp des Teleskopladens Stufe 3B soll bis Ende des Jahres 2011 gefertigt werden, bis dahin sollen alle Gefährdungen einerseits durch die Risikobeurteilung ermittelt, sowie im weiteren Verlauf an der Maschine realisiert werden.

Die letztgültigen Ergebnisse der Risikobeurteilungen sind in den Anhängen Teil 2 und Teil 3 zu entnehmen.

9 Ergebnisse und Ausblick

9.1 Kritische Hinterfragung der Einführung „Risikobeurteilung“

Bei der Durchführung der ersten Risikobeurteilungen im Liebherr Werk Telfs sind auch negative Aspekte dieser Methode der Beurteilung aufgetaucht. Da in den harmonisierten Normen keine Sicherheitslevel bzw. Performance Level definiert sind, ist der Hersteller gezwungen, auf Eigenverantwortung die relevanten Risiken zu beurteilen. Jedoch ist oft die Betrachtungsweise der Risiken sehr unterschiedlich. Das führt wiederum zu Unstimmigkeiten und somit zu Meinungsunterschieden im Team.

Ein weiterer Punkt ist die konstruktive Umsetzung in Form der Steuerungsarchitektur. Speziell beim Performance Level „e“ wird eine zweikanalige Steuerungsstruktur verlangt, welche jedoch mit hydraulischen Komponenten nur sehr schwer realisierbar ist. Somit steigen die Sicherheitsanforderungen im Vergleich zu den momentan gebauten Maschinen signifikant. Die Durchführung der Risikobeurteilung an sich stellt keine Probleme dar, jedoch die Realisierung in der Praxis bereitet vereinzelt Probleme, da bisher noch keine Erfahrungen vorliegen. Als Lösung wird zukünftig angedacht eine gemeinsame Prüfung der ermittelten Steuerungsarchitektur mit einem Experten der IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) nach allen sicherheitsrelevanten Standpunkten durchzuführen.

Eine Risikobeurteilung macht eine Maschine „sicherer“, jedoch muss hierbei auch der geleistete Aufwand und die damit verbundenen Kosten berücksichtigt werden. Nicht jede Änderung kann mit geringem konstruktivem Aufwand umgesetzt werden. Hierzu ist oft eine Rechtfertigung bezüglich der entstandenen Kosten zu Sicherheitszwecken erforderlich. Weiters können Risikominderungsmaßnahmen nur nach dem momentanen Stand der Technik und nicht darüber hinaus realisiert werden.

9.2 Ist der Prozess „Risikobeurteilung LWT“ konzernweit anwendbar?

Die einheitliche Vorgehensweise sowie die Art der Risikobeurteilung wurden bei der Liebherr-Erdbewegung in mehreren Sitzungen der jeweiligen Vertreter der einzelnen Werke vereinbart. Es soll somit gewährleistet werden, dass eine konzernweite Nutzung der erhaltenen Ergebnisse möglich ist. Durch die oft ähnliche Bauweise der einzelnen Maschinen oder deren Komponenten können Risikobeurteilungen anderer Werke zum Teil komplett verwendet, beziehungsweise gewisse Teile daraus übernommen werden. Um die Kosten der Risikobeurteilung zu senken werden gemeinsame Gefährdungen für Baumaschinen zwischen den einzelnen Werken aufgeteilt. Somit muss die Gefährdung nur einmalig bewertet werden und es entstehen keine Überschneidungen zwischen den einzelnen Werken.

Somit gewährleistet das Unternehmen Liebherr ein einheitliches System, welches für das gesamte Produktsortiment ausgelegt ist. Um einen Austausch der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden einheitliche Dokumentvorlagen erstellt und anhand dieser die Risikobeurteilung durchgeführt. Das bedeutet, dass der Prozessablauf der Risikobeurteilung von LWT auch konzernweit umgesetzt wird.

9.3 Ausblick, Verbesserungspotentiale

Im Zuge dieser Arbeit wurde für das Unternehmen der Liebherr Werk Telfs GmbH ein Konzept erstellt, welches eine Umsetzung der Vorgaben der Risikobeurteilung ermöglicht. Die Umsetzung dieser Methodik ist das erklärte Ziel, damit unsere Maschinen den Anforderungen der Maschinenrichtlinie entsprechen.

In erster Linie ist es nun die Aufgabe, die erhaltenen Ergebnisse der Risikobeurteilungen in der Konstruktion umzusetzen. Das bedeutet, dass die Maschine (Pilotprojekt Teleskoplader Stufe 3B) konstruktiv so gestaltet wird, dass alle sicherheitsrelevanten Risiken beseitigt bzw. auf ein Minimum reduziert werden können. Bis zum Musterbau des ersten Prototyp des Teleskopladers Stufe 3B (Ende des Jahres 2011) soll das Projekt abgeschlossen sein.

Allgemeine Verbesserungen in folgenden Bereichen sind außerdem angedacht:

9.3.1 Normzugang - Konstruktion

Zukünftig soll der Normzugang für Konstrukteure erleichtert werden. Das heißt, es sollen die jeweiligen Produktnormen (Typ-C Normen) leichter zugeordnet werden können und einfacher aufzufinden sein. Hierzu ist angedacht, die Normen durch eine zentrale Ablage jedem Konstrukteur zugänglich zu machen. Folge daraus sollte eine zusätzliche Gewährleistung der normgerechten Konstruktion der jeweiligen Bauteile sein.

9.3.2 Gefährdungsermittlung mit Hilfe eines 3D-Prototypen

Im Liebherr Werk Telfs werden alle Baugruppen in Form von 3D-Daten konstruiert. Diese vorhandenen Daten sollen nun auch im Zuge einer Risikobeurteilung genutzt werden. Angedacht ist, dass mit Hilfe des neuen 3D-Viewing Programms „Product-View“ der Firma PTC, Risiken / Gefährdungen anhand von 3D Konstruktionsdaten erkannt und bewertet werden können. Da speziell in der Konstruktionsphase kein Prototyp der Maschine zur Verfügung steht, kann dies ein sehr hilfreiches Mittel zur Darstellung sein.

9.3.3 Neue Norm DIN EN ISO 12100

Um die Vielzahl der Normen zur Risikobeurteilung auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, wird demnächst eine neue Version der DIN EN ISO 12100:2010 mit dem Ausgabedatum von 03-2011 veröffentlicht. [vgl. BEUTH2011]

Der Titel dieser Norm lautet:

„Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)“.

Diese Norm ersetzt inhaltlich die bisherigen Normen:

- DIN EN 12100-1:2004-04
- DIN EN 12100-1/A1:2009-10 (im Jahr 2009 erschienene Änderung)
- DIN EN 12100-2:2004-04
- DIN EN 12100-2/A1:2009-10 (im Jahr 2009 erschienene Änderung)
- DIN EN 14121-1:2007-12

Die Änderung der Norm beschränkt sich laut Beschlussfassung des ISO/TC 199 ausschließlich auf Inhalte, welche im Zusammenhang mit der neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG stehen.

Somit steht nun nur mehr eine einheitliche Norm zur Verfügung, nach der die Vorgaben zur Risikobeurteilung abgeleitet werden können.

Index

—A—

Architektur 46

—B—

Bedienungspersonal 16

Benutzerinformationen 59

—C—

CCF-Wert 54

CE-Kennzeichnung 12

—D—

Diagnosedeckungsgrad 53

Dokumentation 62

—E—

Eintrittswahrscheinlichkeit 25

—G—

Gefährdung 7

Gefährdungsexpositionen 38

Gefahrenanalyse 11

Gefahrenbereich 16

Grundnormen 30

Gruppennormen 30

—I—

Inhärent sichere Konstruktion 59

Iterationsdurchlauf 27

—K—

Kernteams 67

Konformitätserklärung 10

—L—

Lebensphasen 8

Liebherr 3

Liebherr Werk Telfs 4

—M—

Maschine 9

Maschinenrichtlinie 9

Maschinensicherheit 7

MTTF_d-Wert 51

—P—

Performance Level 34

PFHd-Wert 44

PL-Tabelle 56

Produktnormen 30

Produktsortiment 5

—R—

Risiko 16

Risikoanalyse 19

Risikobewertung 19

Risikominderung 19

—S—

Safety Integrity Level 41

Schadensausmaß 24

Schutzmaßnahmen 59

—V—

Validierung 57

Literatur

- [RBGM2010] Kessels, Ulrich; Muck, Siegbert: Risikobeurteilung gemäß Maschinenrichtlinie: Handlungshilfe und Potenziale, Berlin, Beuth Verlag GmbH, 1. Auflage 2010
- [EATON2010] Dönoglu, Lütfiye; Papst, Benjamin: Sicherheitshandbuch: Sicherheitstechnik an Maschinen und Anlagen gemäß den internationalen Normen EN ISO 13849-1 und IEC 62061, Bonn, Eaton Industries GmbH, 2. Auflage 2010
- [FSVM2008] Zentralbereich des BGIA; BGIA-Report 2/2008: Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen: Anwendung der DIN EN ISO 13849; Rheinbreitbach, Plump OHG, 2. Auflage 2008
- [KOTH2010] KOTHES; Technische Kommunikation GmbH & Co. KG Kempen: Performance Level in der Praxis - Schulungsunterlagen
- [EMRL2006] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- [ERSM2009] Steiger, Gerhard; Europäische Richtlinie und Sicherheitsnormen für Maschinen, Frankfurt, VDMA Normung, 12. Auflage 2009
- [KOSS2008] Kossmann, Jan-Henrik; Beschreibung der Verstöße zur CE-Kennzeichnung von Spielzeugen in den letzten 3 Jahren. URL: <<http://www.grin.com/e-book/140920/beschreibung-der-verstoesse-zur-ce-kennzeichnung-von-spielzeug-in-den-letzten>>, verfügbar am 18.12.2010

- [COACH2010] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg; CE Coach. URL: <https://www.cecoach.de/lernanwendung/cecoach_app/CEcoach.php?>>, verfügbar am 09.12.2010
- [MMBG2010] Gleich, Henke; Maschinenbau- und Metall- Berufsgenossenschaft Fachstelle „Flexible Fertigungssysteme“. URL: <www.mmbg.de/DIENSTL/FS04/>, verfügbar am 08.12.2010
- [BEUTH2011] Beuth Verlag. URL: <<http://www.beuth.de/langanzeige/DIN-EN-ISO-12100-2011-03/de/128264334.html&bcrumblevel=2>>
- [DIN EN 954-1] Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze; Deutsche Fassung EN 692:2005 + A1:2009
- [DIN EN 62061] Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme (IEC 62061:2005); Deutsche Fassung EN 62061:2005
- [DIN EN ISO 12100-1] Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 12100-1:2003
- [DIN EN ISO 12100-1/A1:2009] Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie – Änderung 1 (ISO 12100-1:2003/Amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 12100-1:2003/A1:2009
- [DIN EN ISO 12100-2] Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze (ISO 12100-2:2003); Deutsche Fassung EN ISO 12100-2:2003

- [DIN EN ISO 12100-2/A1:2009] Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze – Änderung 1 (ISO 12100-2:2003/amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 12100-2:2003/A1:2009
- [DIN EN ISO 13849-1] Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze (ISO 13849-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2008
- [DIN EN ISO 14121-1] Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 1: Leitsätze (ISO 14121-1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 14121-1:2007
- [LIEB2010] Liebherr-International Deutschland GmbH. URL: <www.liebherr.com/de-DE/691.wfw >, verfügbar am 02.12.2010

Anlagen

Teil 1 A-1

Teil 2 A-3

Teil 3 A-16

Anlagen, Teil 1

Lebensphasen für Baumaschinen nach DIN EN ISO 14121-1

Tabelle A.3 aus DIN EN ISO 14121-1

Phase der Lebensdauer der Maschine	Aufgabenbeispiele	Gemeinsamkeiten
Transport	<input type="checkbox"/> Anheben; <input type="checkbox"/> Beladen; <input type="checkbox"/> Verpacken; <input type="checkbox"/> Transportieren; <input type="checkbox"/> Entladen; <input type="checkbox"/> Auspacken.	<p>Wurde bereits von LWT vollständig betrachtet;</p> <p>LWT=LBH</p>
Zusammenbau und Installation Inbetriebnahme	<input type="checkbox"/> Einstellungen an der Maschine und deren Bauteilen; <input type="checkbox"/> Zusammenbau der Maschine; <input type="checkbox"/> Anschluss an die Entsorgungsanlage (z. B. Abluftsystem, Abwasseranlage); <input type="checkbox"/> Anschluss an die Energieversorgung (z. B. Stromversorgung, Druckluft); <input type="checkbox"/> Vorführung; <input type="checkbox"/> Beschicken, Befüllen, Einbringen von Hilfsflüssigkeiten (z. B. Schmierstoff, Fett, Klebstoff); <input type="checkbox"/> Anbringen von Schutzgittern; <input type="checkbox"/> Befestigen, Verankern; <input type="checkbox"/> Vorbereitungen für die Installation (z. B. Fundamente, Schwingungsdämpfer); <input type="checkbox"/> Betrieb der Maschine ohne Last; <input type="checkbox"/> Prüfung; <input type="checkbox"/> Versuche unter Last oder Höchstlast.	<p>Wird für Standardgerät Werks-intern erledigt – wird bei RBU nicht betrachtet; Erstinbetriebnahme (Vorführung) wird bei Betrieb mitbehandelt – Verkäufer hat Einweisung zur Übergabe vor Ort;</p> <p>Versuche unter Last oder Höchstlast für Rohrbruchsicherung länderspezifisch gefordert;</p> <p>LWT=LBH</p>
Einrichten Einlernen (Teachen)/ Programmieren und/oder Umrüsten	<input type="checkbox"/> Einstellen und Einrichten von Schutzeinrichtungen und weiteren Bauteilen; <input type="checkbox"/> Einstellen und Einrichten oder Überprüfen der funktionalen Parameter der Maschine (z. B. Geschwindigkeit, Druck, Kraft, Fahrbegrenzungen); <input type="checkbox"/> Festklemmen/Befestigen des Werkstückes; <input type="checkbox"/> Beschicken, Befüllen, Einbringen der Rohstoffe; <input type="checkbox"/> Funktionsprüfungen, Versuche; <input type="checkbox"/> Einsetzen oder Auswechseln von Werkzeugen, Werkzeugeinstellung; <input type="checkbox"/> Überprüfen der Programmierung; <input type="checkbox"/> Überprüfen des Endproduktes.	<p>Wird für Standardgerät Werks-intern erledigt – wird bei RBU nicht betrachtet;</p> <p>Einsetzen oder Auswechseln von Werkzeugen – wird in Betrieb berücksichtigt;</p> <p>LWT=LBH</p>
Betrieb	<input type="checkbox"/> Festklemmen/Befestigen des Werkstückes; <input type="checkbox"/> Steuerung/Inspektion; <input type="checkbox"/> Antreiben der Maschine; <input type="checkbox"/> Beschicken, Befüllen, Einbringen der Rohstoffe;	<p>BA-Arbeiten, Wechseln der Ausrüstung, ...</p> <p>BA-LBH Punkt 3 (außer 3.6)</p>

	<input type="checkbox"/> manuelles Beladen/Entladen; <input type="checkbox"/> geringfügige Einstellungs- und Einrichtungsvorgänge bei den Funktionsparametern der Maschine (z. B. Geschwindigkeit, Druck, Kraft, Fahrbegrenzungen); <input type="checkbox"/> geringfügige Eingriffe während des Betriebs (z. B. Entnahme von Abfallprodukten, Beseitigen von Blockierungen, lokale Reinigung); <input type="checkbox"/> Betreiben der manuellen Steuerungseinrichtungen; <input type="checkbox"/> Neustarten der Maschine nach Stillsetzen/Unterbrechung; <input type="checkbox"/> Überwachen; <input type="checkbox"/> Überprüfen des Endproduktes.	<p>- Vergleichen mit Stückliste → Liste bereinigen + ergänzen; vergleichen LWT/LBH (Arbeitsteilung zwischen den Werken abklären) –</p> <p>Terminfestlegung bis 22.2.2011</p>
Reinigung Instandhaltung	<input type="checkbox"/> Einstellungen; <input type="checkbox"/> Reinigung, Desinfektion; <input type="checkbox"/> Demontage/Ausbau von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine; <input type="checkbox"/> „Housekeeping“; <input type="checkbox"/> Energietrennung und -ableitung; <input type="checkbox"/> Schmieren; <input type="checkbox"/> Austausch von Werkzeugen; <input type="checkbox"/> Austausch von Verschleißteilen; <input type="checkbox"/> erneutes Einrichten; <input type="checkbox"/> Nachfüllen von Betriebsflüssigkeiten; <input type="checkbox"/> Überprüfen von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine.	<p>BA Punkt 5 Vergleichen mit Stückliste → Liste bereinigen + ergänzen; vergleichen LWT/LBH (Arbeitsteilung zwischen den Werken abklären) – Terminfestlegung offen</p> <p><i>Tätigkeiten, die von Fachpersonal durchgeführt werden, werden bei RBU nicht betrachtet;</i></p>
Fehlersuche und -beseitigung	<input type="checkbox"/> Einstellungen; <input type="checkbox"/> Demontage/Ausbau von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine; <input type="checkbox"/> Fehlersuche; <input type="checkbox"/> Energietrennung und -ableitung; <input type="checkbox"/> Wiederanlauf nach Ausfall der Steuerungseinrichtungen und Schutzeinrichtungen; <input type="checkbox"/> Wiederanlauf nach Blockierung; <input type="checkbox"/> Reparaturen; <input type="checkbox"/> Ersatz von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine; <input type="checkbox"/> Rettung gefangener Personen; <input type="checkbox"/> erneutes Einrichten; <input type="checkbox"/> Überprüfen von Teilen, Bauteilen, Einrichtungen der Maschine.	<p><i>Tätigkeiten, die von Fachpersonal durchgeführt werden, werden bei RBU nicht betrachtet;</i></p>
Außerbetriebnahme Demontage	<input type="checkbox"/> Abtrennen von der Energieversorgung und Energieableitung; <input type="checkbox"/> Demontage; <input type="checkbox"/> Anheben; <input type="checkbox"/> Beladen; <input type="checkbox"/> Verpacken; <input type="checkbox"/> Transportieren; <input type="checkbox"/> Entladen.	<p>Anheben, Transportieren, Entladen → siehe Transport</p> <p>Demontage → siehe Wartung</p>

Im Anhang Teil 2 ist die Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 13849-1 für den Liebherr Teleskoplader Stufe 3B angeführt.

<div> <div> LIEBHERR Werk Telfs GmbH </div> </div>	<div> <div> Risikobeurteilung nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG </div> </div>	<div> <div>Risikobeurteilung-Nr.: ...</div> <div>Risikobeurteilung-Seiten: ...</div> <div>Ausgabe-Nr.: ...</div> <div>Ausgabedatum: ...</div> </div>
<div> <div>Originalablage bei:</div> <div>Verteiler:</div> </div>	<div> <div>Erzeugnis:</div> <div>Artikelcode:</div> <div>Kunde(n):</div> </div>	
	<div> <div>Inhaltsverzeichnis</div> <div> I. Deckblatt II. Bestimmungsgemäße Verwendung III. Grundlagen der Risikobeurteilung IV. Gefährdungen anhand der Lebensphasen ermitteln, Risikoeinschätzung, Schutzmaßnahmen V. Liste der angewandten Vorschriften, Normen und technischen Spezifikationen </div> </div>	
<div> <div>Risikobeurteilungs - Team:</div> <div> Hey Kurt Bloch Michael Dreier Martin Falbesoner Florian Farfeleder Johannes Kofler Reinhard Nairz Alwin Siegele Michael Weithaler Alfred Wolf Christian * * </div> </div>	<div> <div>Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung</div> <div>1. Sitzung am Donnerstag, den 13.01.2011</div> </div>	
<div> <div>Erstellung:</div> </div>	<div> <div>Zustimmung:</div> </div>	<div> <div>Durchführung:</div> </div>
<div> <div>Moderator:</div> <div> Name: Hey Kurt Abt: BG-Bau </div> </div>	<div> <div>Name: Wolf Christian</div> <div>Abt: VK</div> </div>	<div> <div>Name: Bloch Michael</div> <div>Abt: VK-T</div> </div>
<div> <div>Beauftragter:</div> <div> Name: Dreier Martin Abt: TD </div> </div>	<div> <div>Name: Kofler Reinhard</div> <div>Abt: QL</div> </div>	<div> <div>Name: Siegele Michael</div> <div>Abt: QM</div> </div>
	<div> <div>Teilzeit anwesend</div> <div> Name: Kofler Reinhard Abt: QL </div> </div>	<div> <div>Name: Nairz Alwin</div> <div>Abt: TV</div> </div>
	<div> <div>Ansprechpartner Technik:</div> <div> Name: Farfeleder Johannes Abt: TB </div> </div>	<div> <div>Name: Weithaler Alfred</div> <div>Abt: TV</div> </div>

LIEBHERR
Werk Telfs GmbH

Risikobeurteilung:
C:\Dokumente und Einstellungen\wtdm0\Desktop\Diplomarbeit_Unterlagen\RB_U 25.11.2010\1-Risikobeurteilung_Steuerung_Teleskoplager_Stufe 3B.xls

Datum: 24.02.2011

1.	Grenzen der Maschine, bestimmungsgemäße Verwendung		Verweis auf zusätzliche Dokumente
1.1.	Erlaubte Verwendung	Teleskopler Stufe 3B	
1.2.	Einschränkungen, Grenzen der erlaubten Verwendung	Steuerung der Maschine (Fahr- und Arbeitsfunktionen)	
1.3.	Vorhersehbarer Fehlgebrauch/Missbrauch	Kein Fehlgebrauch vorhersehbar	
1.4.	Zeitliche Grenzen - (Grenzen der Lebensdauer)	Gesamter Lebenszyklus der Maschine wurde betrachtet	
2.	Empfohlene Wartungsintervalle	Wartung gemäß Wartungs- und Inspektionsplan	
	Umfeld der Nutzung		
	privat	Maschinen aufgrund der Größe vom Hersteller nicht zur privaten Nutzung vorgesehen.	
	gewerblich	Ja	
3.	Nutzergruppen	Aufgabe	Qualifikation
	Fachpersonal		≥ 18 Jahre, geistige und körperliche Eignung, Schulung und Unterweisung
	Laien		Nutzung der Maschine für Laien nicht vorgesehen
	Auszubildende		≥ 18 Jahre, geistige und körperliche Eignung, Schulung und Unterweisung
	Nur bei privater Nutzung:		
	Kinder (Altersgruppe angeben)	<input type="checkbox"/> Alter ab	Jahre
	ältere Menschen	<input type="checkbox"/>	
	Behinderte	<input type="checkbox"/> Art der Behinderung(en)	
4.	Materialien		
4.1.	gefährliche Hilfs- und Betriebsstoffe	Dieselmotoren; Öle; Schmierstoffe; Korrosionsfrostmittel; Batteriesäure; Teleskopwachs;	
4.2.	gefährliche in der Maschine verbauten Werkstoffe	Keine bekannt	
4.3.	gefährliche von der Maschine verarbeitete Materialien	Keine bekannt	

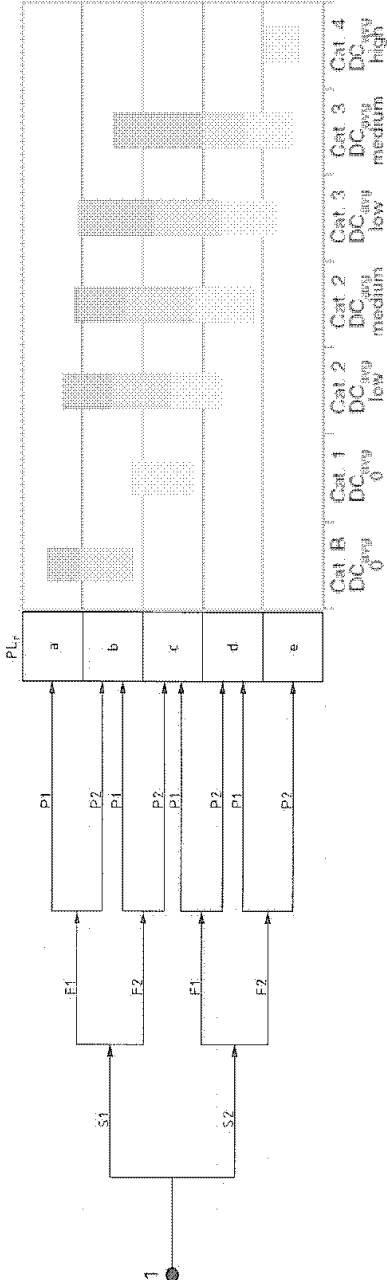
Grundlagen der Risikobeurteilung

Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1

Die Risikobewertung und Auswahl für sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen erfolgt gemäß DIN EN ISO 13849-1 durch Ermittlung des erforderlichen Performance Level (PL_r). Im nächsten Schritt wird der tatsächliche PL einer Architektur analog DIN EN ISO 13849-1 ermittelt um diesen dem erforderlichen Performance Level PL_r gegenüberzustellen. Der Performance Level ist anzuwenden auf sicherheitsbezogene Teile einer Steuerung aller Arten von Maschinen; ungeachtet der verwendeten Technologie und Energie (elektr., hydr. usw.)

Bild A.1 - Risikograt zur Bestimmung des PL_r für jede Sicherheitsfunktion (DIN EN ISO 13849-1/S. 10, 16, 55)

Bild 5 - Beziehung zwischen den Kategorien Dcavg, MTTF_d jedes Kanals und PL_r (DIN EN ISO 13849-1/S. 26)



Risikoparameter

- S** Schwere der Verletzung
 - S1 Leichte Verletzung (reversible Verletzungen)
 - S2 Schwere Verletzung (irreversible Verletzungen; Tod)
- F** Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition
 - F1 Seiten bis weniger häufig und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
 - F2 Häufig bis dauernd und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang

- P** Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens
 - P1 Möglich unter bestimmten Bedingungen
 - P2 Kaum möglich

Legende

- PL_r Erforderlicher Performance Level
- a, b, c, d, e Ziele des sicherheitsgerichteten Performance Level

Legende

PL	Performance Level
MTTF _d jedes Kanals = niedrig	
MTTF _d jedes Kanals = mittel	
MTTF _d jedes Kanals = hoch	

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch: Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdung sexposition	Verminderung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliche Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459		S	F	P	PLr		

1. Fahrbewegung

1.1: Maschine steht, ungewolltes Losfahren								
Maschinenführer			1	2	1	b		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen möglich (Parkbremse + Betriebsbremse), Not-Aus, Absenken der Ausrüstung möglich
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
1.2: Falsche Bewegungsrichtung nach erfolgter Fahrtrichtungsvorwahl (Vorwärts und Rückwärts)								
Maschinenführer			1	2	1	b		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen möglich (Parkbremse + Betriebsbremse), Not-Aus, Absenken der Ausrüstung möglich
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
1.3: Fehlerhafte Beschleunigung der Maschine								
Maschinenführer			2	2	1	d		S2: hohe Geschwindigkeit, "nur Beckengurt", große Unfallgefahr F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen möglich (Parkbremse + Betriebsbremse), Not-Aus, Absenken der Ausrüstung möglich
Personen im Gb.			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
1.4: Fehlerhaftes Verzögern der Maschine								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - -

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch:	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition	Verminderung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliche Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459	Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	S	F	P	PLr		
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: Auffahrunfall kann im Straßenbetrieb provoziert werden, Verlust von Ladegut möglich F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Abstand halten, Möglichkeit zum Ausweichen gegeben
1.5: Fehlerhaftes Verzögern mit angehobener Last an der Kippgrenze der Maschine								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS, geringe Geschwindigkeit bei Arbeit mit Ausrüstung, Traglast der Maschine bereits ausgelegt F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - -
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: Auffahrunfall kann im Straßenbetrieb provoziert werden, Verlust von Ladegut möglich, Umkippen der Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition ist eher kurz P1: Abstand halten, Möglichkeit zum Ausweichen gegeben
1.6: Ungewolltes Reversieren, Fahrtrichtungswechsel während der Fahrt								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - (Allerdings kann der Vorgang der Gegenbeschleunigung durch Bremsen vermieden werden)
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: Auffahrunfall kann im Straßenbetrieb provoziert werden, Verlust von Ladegut möglich F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition ist eher kurz P1: Abstand halten, Möglichkeit zum Ausweichen gegeben

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch:	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition	Verminderung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliches Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459	Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	S	F	P	PLr		

2. Bremsen

2.1: Maschine in Fahrt, gewolltes Bremsen, Maschine führt keine Bremswirkung aus								
Maschinenführer			2	2	1	d		S2: hohe Geschwindigkeit, Auffahren auf Hindernis erfolgt ungebremst F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Lenken, Ausrüstung absenken, Not-Aus, Ausrollen der Maschine, Fahrtrichtungsumkehr
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit eher selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
2.2: Ausfall der Parkbremse, Maschine wird abgestellt, Fahrer verlässt Maschine, Maschine beginnt sich unkontrolliert zu bewegen								
Maschinenführer			1	1	1	a		S1: - - - keine Bedeutung F1: bei Verlassen der Maschine keine Gefährdungsexposition P1: - - - keine Bedeutung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Personen halten sich nicht häufig im Gefahrenbereich auf, (F2) für Wartungspersonal P1: Maschine durch Keile gesichert, Möglichkeiten des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr, Ausrüstung ist abgesenkt PLr (d) für Wartungspersonal
2.3: Brems löst sich nicht, Fahren aus Gefahrenbereich nicht möglich Beispiel für Gefahrenbereich: Stromleitung, Bahnübergang								
Maschinenführer			2	1	1	c		S2: Auswirkung durch Gefährdungsexposition kann tödlich sein F1: Dauer der Gefährdungsexposition kurz P1: Ein Verlassen der Maschine unter bestimmten Bedingungen möglich
Personen im Gefahrenbereich			1	1	1	a		S1: - - - keine Bedeutung F1: - - - keine Bedeutung P1: - - - keine Bedeutung

3. Lenken

3.1: Lenkbewegung wird nicht ausgeführt, im Fahrbetrieb								
Maschinenführer			2	2	1	d		S2: Unfallpotential hoch F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen, Ausrüstung absenken, Not-Aus, Ausrollen der Maschine

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch:	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition	Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliches Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459	Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	S	F	P	PLr		
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
3.2: Lenkbewegung erfolgt ungewollt, im Fahrbetrieb								
Maschinenführer			2	2	1	d		S2: Unfallpotential hoch F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen, Ausrüstung absenken, Not-Aus, Ausrollen der Maschine
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Reaktionsmöglichkeit
3.3: Lenkbewegung erfolgt umgekehrt, im Fahrbetrieb unerwartetes Fehlenlenken								
Maschinenführer			2	2	1	d		S2: Unfallpotential hoch F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Bremsen, Ausrüstung absenken, Not-Aus, Ausrollen der Maschine
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr von Überfahren F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Reaktionsmöglichkeit
3.4: Lenkbewegung erfolgt bei angehobener Last, im Fahrbetrieb, seitliches Kippen der Maschine								
Maschinenführer			2	2	2	e		S2: Unfallpotential hoch F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch:	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition	Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliches Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459	Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	S	F	P	PLr		

4. Arbeitsbewegungen

4.1: Heben des Teleskopauslegers, Maschine befindet sich in Schräglage, Lastschwerpunkt somit verlagert, Maschine kippt seitlich um								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
4.2: Heben des Teleskopauslegers, Gefahr durch herabfallende Gegenstände								
Maschinenführer			2	2	2	e		S2: Last kann unter Umständen auch auf Kabine stürzen F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch herabfallende Last F1: Häufigkeit eher selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.3: Senken des Teleskopauslegers, Umkippen der Maschine nach vorne durch Last								
Maschinenführer			1	2	1	b		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Last auskippen, Gegensteuerung durch Heben, Teleskop einfahren
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr, Umkippen erfolgt verzögert
4.4: Heben bzw. Senken des Teleskopauslegers, Quetschgefahr durch Teleskop bzw. Last								
Maschinenführer			1	1	1	a		S1: keine Bedeutung, da Bediener nicht im Gefahrenbereich, Kabine vorhanden, Öffnen der Seitenscheibe nicht möglich F1: - - - keine Bedeutung P1: - - - keine Bedeutung

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch: Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition	Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderliche Performance Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459		S	F	P	PLr		
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: Quetschgefahr speziell bei Einrichtarbeiten (2. Person führt die Last beim Absetzen) F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.5: Ungewolltes Abwerfen / Auskippen der Last, - Last wird unkontrolliert abgeworfen - Last fällt nicht auf Kabine (bereits beachtet siehe 4.2)								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Maschinenbediener hält sich in der Kabine auf F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch herabfallende Last F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.6: Ein- Ausfahren des Teleskops - Kippgefahr - Quetschgefahr - beabsichtigtes bzw. unbeabsichtigtes Handeln								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.7: Funktion Parallelführung (Heben / Senken umgelegt auf Ein- / Auskippen) - Funktion ist nicht gegeben - Last wird abgeworfen - Last fällt nicht auf Kabine (bereits beachtet siehe 4.2)								
Maschinenführer			1	2	1	b		S1: Maschinenbediener hält sich in der Kabine auf F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Auskippen der Last kann durch manuelles Nachregeln verhindert werden
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch herabfallende Last F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.8: Schnellwechsler, ungewolltes Öffnen / Schließen des Schnellwechslers, unsachgemäße Verriegelung des Anbaugerätes								

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch: Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdung sexposition	Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderlic her Performan ce Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459		S	F	P	PLr		
Maschinenführer			2	2	2	e		S2: Anbaugerät kann unter Umständen auch auf Kabine stürzen F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch herabfallende Last F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
4.9: Abstützungen, Einfahren der Abstützungen im Hebebetrieb, Kippgefahr der Maschine								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
4.10: Abstützungen, unbeabsichtigtes Ausfahren der Abstützung im Fahrbetrieb, Absenkung erfolgt gedrosselt und somit überschaubar								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - Erkennen zwar möglich allerdings ist rechte Abstützung im Fahrbetrieb nicht einsehbar
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch unkontrollierte Fahrbewegung F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
4.11: Niveaueingleich und Hinterachspendelblockierung - Versagen der Funktion/en im Hebebetrieb (zu beachten wie 4.1)								
Maschinenführer			1	2	2	c		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr
4.12: Seitenvershub - Gefahr durch Quetschen								

Risikobeurteilung Nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Teilnehmer: siehe Deckblatt	Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 13849-1				Erstellt am:	
Gefahr/Gefährdung		Risikominderung durch:	Schwere der Verletzung	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdung exposition	Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	Erforderlic her Performan ce Level	Angewendete Normen	Hinweise, Begründung, Vermerk
Lebensphase	Gefährdung - nach EN 1459	Schutzziel(e) Schutzmaßnahmen	S	F	P	PLr		
Maschinenführer			1	1	1	a		S1: keine Bedeutung, da Bediener nicht in Gefahrenbereich, Kabine vorhanden F1: - - - keine Bedeutung P1: Gegensteuern möglich
Personen im Gefahrenbereich			2	1	1	c		S2: Quetschgefahr / Absturzgefahr bei Arbeiten auf Gerüst F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P1: Möglichkeit des Ausweichens, Möglichkeit zur Erkennung der Gefahr, Arbeitsaktzeiten sehr langsam
4.13: Arbeitskreis 1/2 sowie Option Heckhydraulik - ungewolltes Aktivieren der Funktion (z.B. Seilwinde, Ballenklammer) - falsches Anschließen der Hydraulikanschlüsse zum Anbaugerät								
Maschinenführer			1	2	1	b		S1: Sicherheitsgurt, Kabine mit ROPS / FOPS F2: Gefährdungsexposition ist andauernd gegeben P1: Gegensteuern möglich
Personen im Gefahrenbereich			2	1	2	d		S2: mehrere Personen betroffen, Gefahr durch umkippende Maschine F1: Häufigkeit selten gegeben, Gefährdungsexposition eher kurz P2: - - - keine Möglichkeit der Vermeidung

Besprechungsprotokoll Nr. ... Datum: Zeit:		Risikobeurteilung nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		LIEBHERR Werk Telfs GmbH	
Verteiler: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			Risikobeurteilungs - Team: Hey Kurt Bloch Michael Dreier Martin Falbesoner Florian Farfeleder Johannes Kofler Reinhard Nairz Alwin Siegle Michael Weithaler Alfred Wolf Christian * *		
Nr.	(Besprechungspunkte, Beschlüsse, Ergebnisse, Maßnahmen)	Verantwortlich	Termin		
	<p>Allgemeines</p> <p>Zur Durchführung der ersten Risikobeurteilung in LWT wurde Herr Hey von der BG-Bau zur Gastmoderation eingeladen. Anfangs erhielten die Teilnehmer eine kurze Einführung in die Vorgehensweise und Bedeutung der Norm DIN EN ISO 13849-1. Nach dem Vergleich mit der bisherigen Methode nach ISO 15998.2 wurde festgelegt, dass diese für unsere Anforderung an die Steuerung nicht anwendbar wäre, da hierbei vorrangig nur elektronische Bauteile beurteilt werden können. Im Laufe der Diskussion versucht Herr Hey die Vorteile und den Nutzen der neuen Norm den Beisitzenden zu erläutern und beantwortete bereits aufgetretene Fragen bezüglich Beurteilung.</p> <p>Weiters wurde von Herrn Hey die DIN EN 280 als Vorzeigennorm genannt, da hier bereits "Performance Level (PL)" für signifikante Gefährdungen in der Norm definiert sind. Dies wäre auch das Ziel in den von LWT angewandten Normen DIN 474 sowie DIN 1459, jedoch sind in diesen Normen noch keine PL's für signifikante Gefährdungen definiert. Prinzipiell sollten laut Herrn Hey folgende Mindestanforderung an PL's als Vorlage für die jeweiligen Bauteile vorgesehen werden:</p> <p>elektrische Bauteile: PL "d"</p> <p>hydraulische Bauteile: PL "c"</p> <p>Fazit der Einführungsphase war folgendes:</p> <p>"Die Normverfasser machen es sich sehr leicht durch Anwendung der Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 13849-1, jedoch ist die Umsetzung in der Technik um einiges schwieriger."</p> <p>Nach der Einführungsphase wurde im Kreis der anwesenden Personen die Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 13849-1 durchgeführt.</p> <p>Am Ende der Beurteilung fand eine kurze Diskussion bezüglich den erhaltenen Erfahrungen durch das Anwenden der Methode nach DIN EN ISO 13849-1 statt. Hierbei wurden folgende Punkte angesprochen:</p> <p>Als schwierig erscheint die weitere Vorgehensweise zur Bestimmung des vorhandenen Performance Levels. Dieser muss aus der bestehenden Systemsteuerung ermittelt und anschließend mit dem Performance Level der Beurteilung verglichen werden. Hierzu werden spezifische Werte der Lieferanten benötigt, welche bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorliegen.</p> <p>Zur weiteren Vorgehensweise wurde eine Abklärung mit LHB vereinbart, da hier bereits Erfahrungswerte vorliegen. Herr Dreier wird sich mit den Kollegen in Kirchdorf in Verbindung setzen.</p> <p>Vorschriften, Normen und technische Spezifikationen</p> <p>Konstruktion</p> <p>LWT-Prozesse</p> <p>Betriebs-/Service/Anbauanleitung Verweis in Betriebs-/Service/Anbauanleitung etc.:</p>	Hr. Dreier	15.02.2011		

Liste der angewandten Vorschriften, Normen und technischen Spezifikationen

Bundesrechtsverordnung	Beschreibung	Fassung	
EG-Richtlinien	Beschreibung	EU-Amtsblatt	
Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG D7	Maschinenrichtlinie	L 157/24 49. Jahrgang 9. Juni 2006 berichtigt L 76 50. Jahrgang 16. März 2007	
Normen	Teil der Norm	Normentyp	EU-Amtsblatt
DIN EN ISO 12100-1:2004-04 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze –	Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 336 48. Jahrgang 31. Dezember 2005
DIN EN ISO 12100-2:2004-04 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze –	Teil 2: Technische Leitsätze	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 336 48. Jahrgang 31. Dezember 2005
DIN EN ISO 14121-1:2007 Sicherheit von Maschinen - Risikobeurteilung -	Teil 1: Leitsätze	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 160 51. Jahrgang 24. Juni 2008
DIN EN ISO 13849-1:2008-12 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen –	Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze	Typ-B1-Norm (Sicherheitsaspekte)	C 104 50. Jahrgang 8. Mai 2007
DIN EN ISO 13849-2:2008-09 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen –	Teil 2: Validierung	Typ-B1-Norm (Sicherheitsaspekte)	C 104 50. Jahrgang 8. Mai 2008
DIN EN 1459: Sicherheit von Flurförderzeugen – Kraftbetriebene Stapler mit veränderlicher Reichweite		Typ-C-Norm (Maschinen-Sicherheitsnorm)	
Regel	Beschreibung		

Anlagen, Teil 3

Im Anhang Teil 3 ist die Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 14121-1 für den Liebherr Teleskopklader Stufe 3B angeführt.

LIEBHERR Werk Telfs GmbH	Risikobeurteilung nach Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG		Risikobeurteilung-Nr.: ... Risikobeurteilung-Seiten: Ausgabe-Nr.: ... Ausgabedatum: ...
Erzeugnis: Inhaltsverzeichnis I. Deckblatt II. Bestimmungsgemäße Verwendung III. Grundlagen der Risikobeurteilung IV. Gefährdungen anhand der Lebensphasen ermitteln, Risikoeinschätzung, Schutzmaßnahmen V. Liste der angewandten Vorschriften, Normen und technischen Spezifikationen Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung 1. Sitzung am Donnerstag, den 24.02.2011	Artikelcode: Kunde(n):		
Risikobeurteilungs - Team: Hey Kurt Dreier Martin Falbesoner Florian Kuhnert Werner Hammerle Ulrich Siegele Michael Thaler Martin Weithaler Alfred * * * *	Zustimmung:		
Erstellung:	Durchführung:		
Moderator: Name: Hey Kurt Abt: BG-Bau	Name: Kuhnert Werner Abt: VS	Name: Trojer Martin Abt: LBH-Projekte	Ansprechpartner Technik: Name: Falbesoner Florian Abt: TB
Beauftragter: Name: Dreier Martin Abt: TD	Teilzeit anwesend Name: Hammerle Ulrich Abt: TL	Name: Thaler Martin Abt: TD	Ansprechpartner Technik: Name: Weithaler Alfred Abt: TV

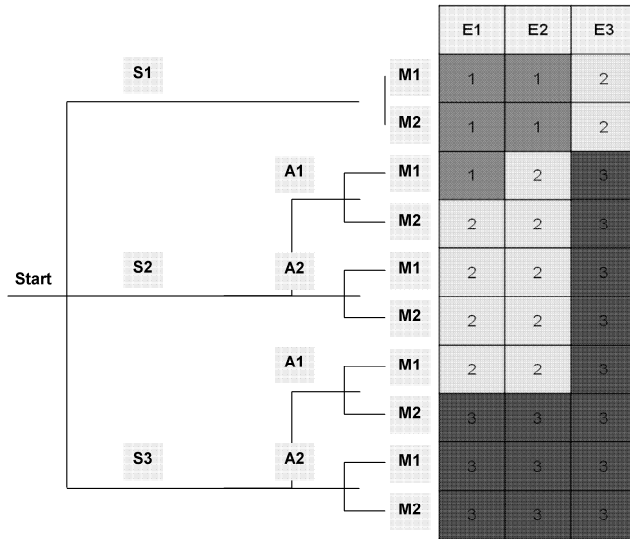
LIEBHERR
Werk Telfs GmbH

Risikobeurteilung:
C:\Dokumente und Einstellungen\wldrm0\Desktop\RB_U_TLL_10.02.2011_LWT.xls

Datum: 03.03.2011

Risikoeinschätzung nach DIN EN ISO 14121-1:2007 (D)

Nach der Identifizierung der Gefährdungen ist für jede Gefährdungssituation eine Risikoeinschätzung unter Berücksichtigung der unten aufgeführten Risikoelemente gemäß der EN ISO 14121-1 durchzuführen. Die Risikoeinschätzung wird entsprechend dem nachfolgenden Risikographen durchgeführt. Der Risikograph ist ein Hilfsmittel zur Quantifizierung.



Risikoparameter

S Ausmaß der Verletzungen oder der Gesundheitsschädigung

- S1 Leichte Verletzung (reversible Verletzungen)
- S2 Schwere Verletzung (irreversible Verletzungen)
- S3 Tödliche Verletzungen

A Gefährdungsexpositionen von Personen

- A1 selten und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist kurz
- A2 häufig bis dauernd und/oder die Zeit der Gefährdungsexposition ist lang (als häufig kann gemäß EN ISO 13849-1 ein Eingriff > 1 x pro Stunde angesehen werden)

Die Gefährdungsexposition von Personen beeinflusst die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens. Zu den Faktoren, die zu berücksichtigen sind, um die Gefährdungsexposition einschätzen zu können, gehören unter anderem:

- a) die Notwendigkeit des Zugangs zum Gefährdungsbereich (z.B. für Normalbetrieb, Korrektur einer Fehlfunktion, Instandhaltung oder Reparatur);
- b) die Art des Zugangs (z.B. manuelle Materialzuführung);
- c) die Zeit, die im Gefährdungsbereich verbracht wird;
- d) die Anzahl an Personen, für die ein Zugang erforderlich ist;
- e) die Häufigkeit des Zugangs

M Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens

- M1 möglich (unter bestimmten Bedingungen)
- M2 kaum möglich

Die Möglichkeiten, einen Schaden vermeiden oder zu begrenzen, beeinflusst die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens. Zu den Faktoren, die zu berücksichtigen sind, um diese Möglichkeit einschätzen zu können, gehören unter anderem:

- a) welche Personen der/den Gefährdung(en) ausgesetzt sein können, zum Beispiel:
 - qualifizierte oder
 - unqualifizierte;
- b) wie schnell eine Gefährdungssituation zu einem Schaden führen könnte, zum Beispiel:
 - plötzlich;
 - rasch oder
 - langsam;
- c) jedes Risikobewusstsein, zum Beispiel:
 - durch allgemeine Informationen, insbesondere Benutzerinformationen,
 - durch direkte Beobachtungen oder
 - durch Warnzeichen und Anzeigegeräte, insbesondere an der Maschine;
- d) die menschliche Fähigkeit, Schaden zu vermeiden oder zu begrenzen (z.B. durch Reflexe, Beweglichkeit, Möglichkeiten des Entkommens);
- e) praktische Erfahrungen und Kenntnisse, zum Beispiel:
 - in Bezug auf die Maschine,
 - in Bezug auf ähnliche Maschinen oder
 - keine Erfahrungen.

E Eintrittswahrscheinlichkeit der Gefährdungssituation

- E1 gering (kaum möglich)
- E2 mittel (durchaus möglich)
- E3 groß (sehr wahrscheinlich)

Der Eintritt eines Gefährdungsereignisses beeinflusst die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens. Zu den Faktoren, die zu berücksichtigen sind, um den Eintritt eines Gefährdungsereignisses einschätzen zu können, gehören unter anderem:

- a) Zuverlässigkeitsdaten unter anderem statistische Daten;
- b) die Unfallgeschichte;
- c) Daten über Gesundheitsschädigungen;
- d) Risikovergleiche.

Klasse Risikoeinschätzung bezogen auf die betrachtete Gefährdung

- 1 geringes Risiko (Handlungsbedarf gering)
- 2 mittleres Risiko (Handlungsbedarf angezeigt)
- 3 hohes Risiko (Handlungsbedarf akut)

Liste der angewandten Vorschriften, Normen und technischen Spezifikationen

Bundesrechtsverordnung	Beschreibung	Fassung	
EG-Richtlinien	Beschreibung	EU-Amtsblatt	
Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG D7	Maschinenrichtlinie	L 157/24 49. Jahrgang 9. Juni 2006 berichtigt L 76 50. Jahrgang 16. März 2007	
Normen	Teil der Norm	Normentyp	EU-Amtsblatt
DIN EN ISO 12100-1:2004-04 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze –	Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 336 48. Jahrgang 31. Dezember 2005
DIN EN ISO 12100-2:2004-04 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze –	Teil 2: Technische Leitsätze	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 336 48. Jahrgang 31. Dezember 2005
DIN EN ISO 14121-1:2007 Sicherheit von Maschinen - Risikobeurteilung -	Teil 1: Leitsätze	Typ-A-Norm (Sicherheitsgrundnorm)	C 160 51. Jahrgang 24. Juni 2008
DIN EN ISO 13849-1:2008-12 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen –	Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze	Typ-B1-Norm (Sicherheitsaspekte)	C 104 50. Jahrgang 8. Mai 2007
DIN EN ISO 13849-2:2008-09 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen –	Teil 2: Validierung	Typ-B1-Norm (Sicherheitsaspekte)	C 104 50. Jahrgang 8. Mai 2008
DIN EN 1459: Sicherheit von Flurförderzeugen – Kraftbetriebene Stapler mit veränderlicher Reichweite		Typ-C-Norm (Maschinen-Sicherheitsnorm)	
Regel	Beschreibung		

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Zöblen, den 14. März 2011

Martin Dreier